

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**PANEL ESTRUCTURAL DE MADERA ASERRADA**

ANÁLISIS Y EXPERIMENTACIÓN DE UN PANEL ESTRUCTURAL DE MADERA  
ASERRADA PARA VIVIENDA SOCIAL EN LA CIUDAD DE CUENCA

*TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO*

**AUTORES:**

ISMAEL SANTIAGO CARPIO FLORES  
C.I 0105215990  
ANA GABRIELA ORDÓÑEZ ALVARADO  
C.I 0104987656

**DIRECTOR:**

ARQ. MSC. ALEX DANIEL SERRANO TAPIA  
C.I 0103669974

CUENCA, ENERO DE 2017



## RESUMEN

Por medio de una propuesta experimental (arquitectónica-ingenieril) se desarrolla un panel estructural de madera para dar solución al alto costo en la utilización de los sistemas constructivos habituales como son la utilización del hormigón, el acero, y la mampostería en ladrillo.

A partir de un análisis de la situación social de la ciudad de Cuenca-Ecuador, tomamos como principales benefactores las personas que han dejado el estado de mendicidad para conseguir un trabajo y buscar subsistir por cuenta propia.

Dada su dificultad para conseguir una vivienda propia, se desarrolla esta temática con el objetivo de beneficiar a estos usuarios por medio de un vínculo municipal, que acepte nuestra propuesta como una alternativa de vivienda social y que cumpla con normativas establecidas para la construcción en el Ecuador.

### PALABRAS CLAVE:

Panel de madera, panel estructural, madera estructural, vivienda social, auto-construcción.

## ABSTRACT

Through this architectural engineering experimental proposal, a wooden structural panel has been developed to provide a solution to the high cost of applying usual constructive systems such as the use of concrete, steel, and brick masonry.

From a social situational analysis of the city of Cuenca in Ecuador, we took as main benefactors people who have left their homeless condition to get a job and seek to subsist on their own.

Considering the difficulty these people go through to become homeowners, this proposal has been developed to benefit them through a municipal agreement that will accept our proposal as an alternative of social housing that complies with established regulations for the construction sector in Ecuador.

### KEY WORDS:

Wooden panel, structural panel, structural wood, social housing, auto construction.







## INDICE DE CONTENIDOS

- Resumen.....	2
- Abstract.....	3
- Indice de Contenidos.....	5
- Clausula de derecho de autor.....	12
- Dedicatoria.....	17
- Agradecimientos.....	19
- Introducción.....	20
- Objetivos.....	21
-Objetivos generales.....	21
-Objetivos Específicos.....	21

## CAPÍTULO 1

“Análisis de la situación actual en la construcción de la vivienda social en Cuenca”

<b>1. La vivienda social</b>	
1.1. Situación actual de la vivienda social en el Ecuador.....	25
1.2. La vivienda social en la ciudad de Cuenca .....	26
1.3. Clasificación de grupos sociales según la vivienda social en Cuenca .....	26
1.3.1. Personas con vivienda del Estado .....	26
1.3.2. Personas que no tienen hogar .....	27
1.3.3. Personas con vivienda informal .....	30
1.4. Selección del material .....	34
1.5. La auto-construcción .....	36





<b>2. La madera como recurso económico</b>	
2.1. La madera para la construcción.....	39
2.1.1.Recursos Naturales en el Ecuador.....	39
2.1.2. Manejo del recurso Forestal sostenible .....	40
2.1.3. Manejo del recurso forestal nacional .....	41
2.1.4. Normativa para manejo forestal nacional .....	41
2.2. Recursos naturales en el Azuay.....	42
2.3. Especies maderables .....	44
2.4. Clasificación por dureza de la madera .....	44
2.5. Madera aserrada estructural.....	46
2.5.1 Requisitos generales para madera aserrada estructural.....	46
2.6. Factores que alteran el comportamiento estructural.....	46
2.6.1. Tipos de defectos presentes en la madera.....	47
2.7. Norma de tolerancia de defectos de la madera aserrada.....	52
2.8. Propiedades de la madera.....	54
2.8.1. Propiedades físicas de la madera.....	54
2.8.2. Propiedades mecánicas o propiedades resistentes de la madera.....	56
2.8.3. Propiedades elásticas de la madera.....	57
2.8.4. Otras propiedades.....	58
<b>3. Sistemas estructurales</b>	
3.1. Entramados verticales.....	59
3.2. Entramados horizontales.....	59

<b>4. Paneles estructurales</b>	
4.1. Concepto de panel estructural de madera.....	60
4.2. Historia de la evolución del panel estructural.....	60
4.3. Tipos de paneles estructurales.....	61
4.3.1. Entramado ligero (light framing).....	61
4.3.2. Sistema de tabique macizo.....	63
3.3.3. Sistema de entramado.....	66
4.4. Experimentación de paneles estructurales con madera prefabricada In-Lab.....	68
4.5. Ventajas de panel estructural de madera a la vivienda.....	70
4.6. Desventajas de panel estructural de madera para vivienda.....	71
<b>5. La prefabricación de la madera en la construcción</b>	72
<b>6. Estándares de dimensionamiento de la madera</b>	73
6.1. Coordinación modular.....	73
6.2. Dimensiones comerciales y reales.....	73
<b>7. Sistemas de uniones de piezas de madera</b>	76
7.1. Uniones por juntas o acoplamientos.....	76
7.2. Ensamblés .....	77
7.3. Empalmes .....	78
<b>8. Conclusiones capítulo I.....</b>	81



## CAPÍTULO 2

Diseño de panel estructural de madera aserrada

<b>1. Parámetros de selección de la especie de madera a utilizar</b>	
1.1. Metodología cuantitativa de levantamiento de información.....	84
1.1.1. Información obtenida.....	84
1.1.2. Resultados obtenidos.....	85
1.2. Metodología cualitativa de levantamiento de información.....	87
1.3. Pruebas de laboratorio y resultados obtenidos .....	89
1.3.1. Densidad ensayada .....	90
1.3.2. Contenido de humedad ensayada .....	90
1.3.3. Resistencia a la flexión de especímenes ensayados .....	91
1.3.4. Resistencia a compresion perpendicular a la fibra de especímenes ensayados .....	91
1.3.5. Resistencia a compresion paralela a la fibra de especímenes ensayados .....	92
1.3.6. Cortante paralela a la fibra o cizallamiento de especímenes ensayados .....	93
<b>2. Validación de datos</b> .....	94
<b>3. Ficha técnica</b> .....	98
<b>4. Proceso de diseño</b> .....	102
4.1 Consideraciones de diseño .....	102
4.1.1. Principios de diseño en la arquitectura .....	102
4.1.2. Consideraciones previas al diseño .....	103
4.2. Esquemas iniciales .....	104

<b>5. Propuesta de diseño</b>	
5.1. Propuesta 01.....	114
5.2. Propuesta 02 .....	118
5.3. Propuesta 03 .....	122
5.4. Definición de vigas .....	124
<b>6. Prototipo final</b>	
6.1. Panel estructural de madera de eucalipto.....	126
6.2. Proceso de elaboración y construcción del panel.....	132
6.2.1 Elaboración de piezas en aserrío.....	132
6.2.2 Armado del panel.....	134
9.2.3 Proceso de anclaje a la viga .....	136
<b>7. Aplicación del panel al diseño de la propuesta de vivienda social</b> .....	140
7.1. Modulación .....	150
7.2. Detalles constructivos .....	154
7.3 Comparación de costo de estructura y cierre en sistemas constructivos de vivienda social en Cuenca.....	166
10.3.1. Presupuesto de sistema constructivo: estructura de hormigón y armado con mampostería de bloques .....	167
10.3.2. Presupuesto de sistema constructivo: estructura de madera con paneles divisorios .....	168
10.3.3. Presupuesto de sistema constructivo: paneles estructurales de cierre.....	169
<b>8. Cálculo estructural</b>	
8.1. Principios estructurales de equilibrio estático.....	172
8.2. Muros estructurales esbeltos .....	172
8.3. Procedimiento de cálculo de elementos sometidos a compresión .....	173



8.4. Cálculo de carga admisible .....	175
8.5. Determinación de cargas actuantes .....	176
9. Análisis del comportamiento del panel ante carga aplicada (escala real) .....	180
10. Análisis del factor u para el comportamiento térmico del panel .....	182
11. Durabilidad y tratamiento de la madera .....	183
11.1. Durabilidad de la madera en la vivienda.....	183
11.2. Tratamiento preventivo para la preservación de la madera .....	184
11.3. Recomendaciones para el sistema propuesto .....	185
11.4. Tratamiento del panel en la vivienda .....	187
12. Conclusiones capítulo II .....	189

CAPÍTULO 3

Manual de construcción del prototipo

1. Manual de construcción .....	191
1.1. Contenido .....	191
1.2. Introducción .....	191

1.3. Especificaciones .....	191
1.4. Materiales .....	191
1.5. Herramientas .....	191
1.6. Componentes del sistema estructural .....	191
1.7. Tipología de piezas .....	191
1.8. Corte de Piezas .....	191
1.9. Proceso de armado del panel .....	191
1.10. Proceso de montaje del panel en la vivienda .....	191
1.10. Ventajas .....	191
1.11. Recomendaciones .....	191
1.12. Presupuesto .....	191
Conclusiones Generales .....	195
Bibliografía .....	196
Derechos de imagen .....	200
Anexos .....	212





Universidad de Cuenca  
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Ana Gabriela Ordóñez Alvarado, autora del trabajo de titulación "Panel estructural de madera aserrada: Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social en la ciudad de Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenido expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 05 de Enero de 2017

  
Ana Gabriela Ordóñez Alvarado  
C.I: 0104987656



Universidad de Cuenca  
Cláusula de derechos de autor

Yo, Ana Gabriela Ordóñez Alvarado, autora del trabajo de titulación "Panel estructural de madera aserrada: Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social en la ciudad de Cuenca", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 05 de Enero de 2017

  
Ana Gabriela Ordóñez Alvarado  
C.I: 0104987656





Universidad de Cuenca  
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Ismael Santiago Carpio Flores, autor del trabajo de titulación "Panel estructural de madera aserrada: Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social en la ciudad de Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenido expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 05 de Enero de 2017

Ismael Santiago Carpio Flores  
C.I: 0105215990



Universidad de Cuenca  
Cláusula de derechos de autor

Yo, Ismael Santiago Carpio Flores, autor del trabajo de titulación "Panel estructural de madera aserrada: Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social en la ciudad de Cuenca", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecto. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 05 de Enero de 2017

Ismael Santiago Carpio Flores  
C.I: 0105215990







## DEDICATORIA

A Dios por guiarme durante este proceso de formación y ser el pilar fundamental en mi vida; y a mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado en cada momento.

Gabriela Ordóñez

Dedico este trabajo de titulación primeramente a Dios que me ha dado sabiduría para tomar las mejores decisiones en mi vida, y me ha inspirado en mi camino. Agradezco a mis padres Pablo y Sandra por todo el apoyo y los valores que han infundido en mi persona y a mis hermanos Pablo y Juan por ser un ejemplo de integridad y superación en el trayecto de mi carrera.

Ismael Carpio





## AGRADECIMIENTO

Agradecemos el apoyo y la colaboración de profesionales que nos han brindado su tiempo y dedicación para el desarrollo de nuestro trabajo de titulación.

Arq. Msc. Alex Serrano T.

Arq. Msc. Juan Pablo Astudillo.

Ing. Msc. Enrique Garcia A.

Ing. Msc. Xavier Cardenas A.

Arq. Msc. Edison Castillo C.

Arq. Cesar Piedra.

Arq. Pablo Carpio A.

Rene Iturralde A.

Phd. Tammy Fajardo D.







## INTRODUCCIÓN

“El sistema constructivo, parte de conceptos sostenibles, en el uso de la energía y materiales, desde lo ambiental, económico y social; potenciando valores constructivos locales, simplificando procesos, y permitiendo una posterior autoconstrucción controlada y limitada” (In.Lab, 2015).

A partir de conceptos sustentables lo que se busca es utilizar la madera como un recurso renovable, económico y natural; aprovechar sus excelentes propiedades físicas y mecánicas adaptables a la construcción arquitectónica e ingenieril. Una nueva concepción de diseño estructural y a la vez de cierre en madera que cumple con los requisitos estructurales que propone la Normativa Ecuatoriana de la Construcción; pueda adaptarse por medio del diseño arquitectónico a los requerimientos de los usuarios; sea de fácil transporte y armado por los propios usuarios e incluso sea desmontable; y que en lo posible pueda enlazarse dentro de un plan de obras públicas con el fin de generar viviendas a gran escala con un sistema semi-industrial.

*“La vivienda social nace de un interés de las empresas constructoras por meterse en un campo donde antes no hacían negocio. Lo que hacen es bajar los estándares, pero siguen con sus mismos*

*preconceptos de clase media. Está enfocado desde la oferta, no desde la necesidad”*

Arq. Joan MacDonald

Con la intención de devolver a las personas la capacidad de construir sus propias viviendas según sus necesidades y requerimientos, se plantea este tema que busca dar solución al actual negocio de la construcción de empresas privadas. Proponemos la utilización de este sistema a las instituciones públicas tales como los municipios que pueden ejercer un mayor control y responsabilidad sobre la calidad de la vivienda para personas de escasos recursos, el alto costo de los sistemas constructivos habituales no son asequibles para las clases sociales más bajas.

La arquitectura sin arquitectos ha permitido a las personas desarrollar ciertas técnicas usando los materiales del lugar muchas veces de manera artesanal; el proposito es de inquirir conocimientos previos sobre las características de estos materiales, en este caso la madera, y dar apertura a que los usuarios sean los protagonistas de su construcción con la seguridad de un diseño de mampostería estructural ya antes puesto a prueba y que cumpla con las solicitudes eventuales. De esta forma se busca retomar el propósito de la arquitectura y la ingeniería de “salvaguardar la vida de las personas”.

## OBJETIVOS

### Objetivo General:

Analizar y desarrollar un prototipo de panel estructural a través de la experimentación con un módulo a escala real, para obtener efectividad en costo, tiempo de elaboración, y cierre estructural dentro de la vivienda social en la ciudad de Cuenca.

### Objetivos Específicos:

- Determinar el tipo de madera que sea apta y asequible para la economía del usuario, mediante un análisis cualitativo en el mercado de Cuenca.

- Determinar la forma y el método de construcción del elemento experimental, verificando así la efectividad de su función como panel estructural en la vivienda social.

- Desarrollar un manual constructivo que explique y oriente la construcción del panel y su colocación en obra.





# 01

## CAPÍTULO

*Análisis: situación actual de la vivienda social en Cuenca*





Fotografía 01.  
Visualización de la vivienda social en el Ecuador

## 1. LA VIVIENDA SOCIAL

### 1.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VIVIENDA SOCIAL EN EL ECUADOR:

En el Ecuador la falta de vivienda es una situación crítica en la actualidad, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), expresa un déficit habitacional en el Ecuador de 1,4 millones de viviendas, se estima que se necesitan más de 50.000 viviendas al año para cubrir el crecimiento poblacional (1,2%) y 150.000 para superar el déficit cualitativo, relacionado con la calidad de la infraestructura” (Barragán, 2014).

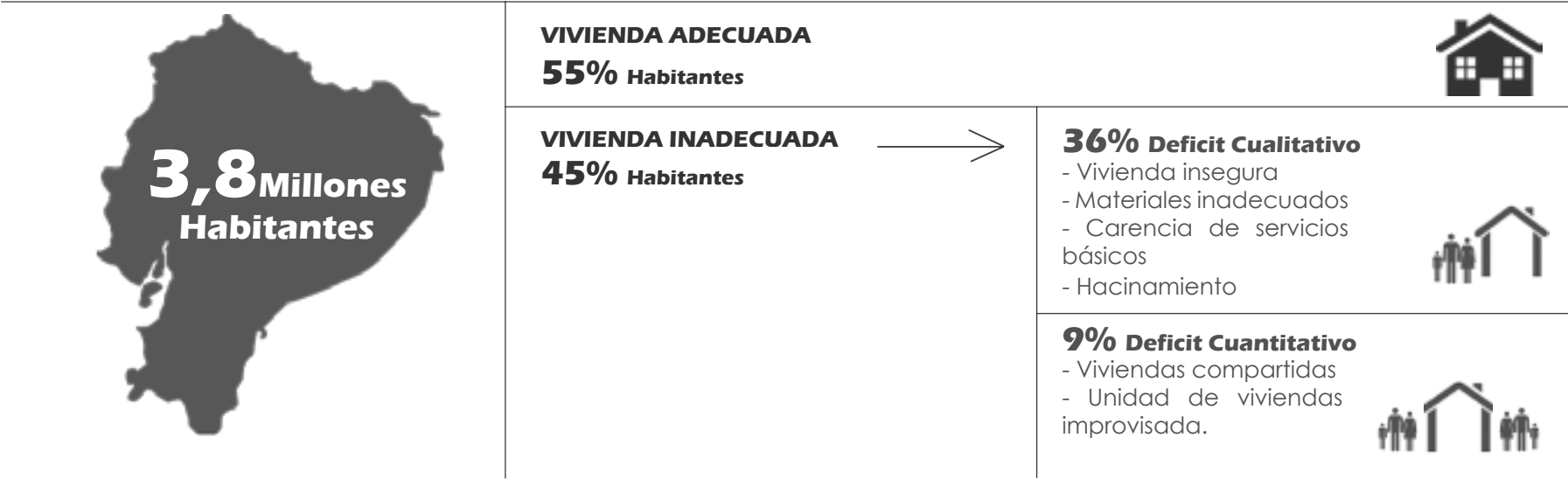
Situación que viene de un problema económico de las familias del Ecuador, como se expresa en las estadísticas tomadas de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en Hogares Urbanos y Rurales 2011-2012 (ENIGHUR), el déficit de ahorro de la población es del 41.2% de la población, es decir sus egresos son mayores que sus ingresos.

El déficit de vivienda en el país es resultado de la falta de capacidad económica familiar para adquirir una unidad de vivienda en condiciones adecuadas, sea por créditos independientes o por medio del gobierno.

Por este motivo las familias ven como alternativa desarrollar su vivienda a través de la auto construcción, sin la asesoría de profesionales de la rama, se observa baja calidad, ausencia de servicios básicos y en algunos casos, sobre ocupación en las viviendas.

En el caso de las áreas rurales se ven en la necesidad de invadir viviendas desocupadas o abandonadas, apropiándose de terrenos ajenos.

Figura 01.  
Déficit de vivienda en el Ecuador







## 1.2. LA VIVIENDA SOCIAL EN LA CIUDAD DE CUENCA

De acuerdo a datos del censo del 2010 realizados por el Instituto nacional de estadística y censo (INEC), hay un déficit de vivienda en Cuenca de 35.000 a 45.000 unidades, es decir que, en el cantón Cuenca el 33.62% de los hogares habitan de la siguiente manera:

- Vivienda prestada
- Vivienda cedida
- Vivienda arrendada.

Como promedio del porcentaje de viviendas no propias se define que de cada 10 hogares 3 de ellos no poseen vivienda propia. (INEC, 2010)

## 1.3. CLASIFICACIÓN DE GRUPOS SOCIALES SEGÚN LA VIVIENDA SOCIAL EN CUENCA

Se puede definir según el nivel socio-económico en la ciudad de Cuenca:

- Personas con vivienda del estado.
- Personas que no tienen hogar.
- Personas con vivienda informal.

### 1.3.1. PERSONAS CON VIVIENDA DEL ESTADO

Son personas de recursos económicos bajo; por necesidad de adquirir una vivienda acceden a préstamos hipotecarios o a bonos, tramitado con instituciones del sector público o del estado. El gobierno es el encargado de fomentar por medio de instituciones, la resolución a la crisis habitacional. Como solución en 1981 se crea la Junta Nacional de Vivienda (JNV), y el Banco Ecuatoriano de la Vivienda, que en conjunto impulsan la idea de los préstamos para la adquisición de viviendas y así disminuir la alta demanda. Durante su ejecución se generó proyectos de construcción, ampliación y mejoramiento de viviendas.

Actualmente en el Ecuador existe el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), el cual reemplazó con su aparición a las instituciones anteriormente dichas, esta entidad pública busca mejorar las condiciones de vida de aquellos sectores en los cuales hay menor ingreso económico, esto se logra a través de préstamos que son conocidos como bonos de la vivienda.

Como lo describe el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) en sus requisitos para la obtención del bono de la vivienda, describe que puede acceder al bono:

- El ciudadano ecuatoriano mayor de edad y adultos menores, jefes de un núcleo familiar organizado y las personas solas de 50 años o más que no tengan cargas familiares.
- Personas migrantes calificadas por el Viceministerio de Movilidad Humana, y extranjeros con residencia permanente. Las familias que aplican para este bono no deberán tener un ingreso mensual mayor a 2.9 salarios básicos unificados, es decir sueldo menor a \$1026 USD.

Para lograr la obtención del bono de la vivienda, se brinda tres servicios de parte de la institución: “bono para la adquisición de vivienda nueva; construcción en terreno propio; mejoramiento de vivienda y titulación” (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)).

La ciudad de Cuenca cuenta con programas de vivienda social por parte de organizaciones públicas que brindan el servicio y facilidades para adquisición de las mismas, entre estas tenemos: el Ministerio de Desarrollo Urbano y vivienda (MIDUVI), El Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (BIESS) y la Empresa Pública de Urbanización y Vivienda de Cuenca (EMUVI-EP).

Los programas realizados en la ciudad durante la aparición de estos organismos en el periodo de 1960 hasta el 2014 fueron:

- Multifamiliares IESS – (1969-1979)
- Paraíso I, II y III – (1978-1982)
- Patamarca I, II, y III - (1982-1989)
- Ciudadela Tomebamba – (1984)
- Las Retamas I, II y III – (1984-1985)
- Huayna – Capac I, II y III – (1985)
- Bosque de Monay – (1986)
- Los Eucaliptos I, II y III – (1987)
- Proyecto Tarqui (1991-1994)
- Los Cerezos – (2003)
- Los Alisos - (2005)
- Los Nogales – (2005)
- Huizhil – (2009)
- Jardines del Valle – (2010)
- Praderas de Bemani – (2011)
- Miraflores - (2012)
- Vista al Río - (2012-2014)
- La Campiña - (2013)
- Molinos de Capulispamba / 2013

### 1.3.2. PERSONAS QUE NO TIENEN HOGAR:

- **Concepto de indigencia:**

El significado general de indigente según el diccionario manual de la lengua española 2007, se aplica a las personas que carecen de los mínimos recursos económicos para poder vivir.

Según el autor J. Zepeda define indigencia del latín indigentia, falta de medios para alimentarse.

Universalmente la indigencia es la falta de medios para sustentar por sí mismo su alimento, vestido y techo. Se puede relacionar a este grupo social con carencia, miseria, y pobreza extrema. Son personas que vive por debajo del

pobre; sin acceso a la vivienda o a un techo donde refugiarse, pasan su vida a la intemperie, no tienen acceso al trabajo, su alimentación no es constante, su calidad de vida no es digna y es extremadamente básica.

- Índice de ingresos per cápita en el rango de la pobreza en el Ecuador:

En el Ecuador, según Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC 2015), se considera a una persona pobre por ingresos si percibe un ingreso familiar per cápita de USD 82,11 mensuales y de extrema pobreza si percibe menos de USD 46,27 mensuales, por eso Cuenca es una ciudad con un índice de pobreza de 5,32%, y 0,95% de extrema pobreza.

- Pobreza, indigencia y abandono en la ciudad de Cuenca:

De acuerdo con datos Instituto Nacional de Estadísticas y Censo del Ecuador (INEC) del Censo de 2010, la pobreza en el Azuay es de 23.9% de población en situación de pobreza según ingresos, y en Cuenca existe el 9.7% de pobreza. Considera la línea de pobreza como el nivel de ingresos por debajo del cual no se satisfacen las necesidades mínimas, actualmente en unos \$2.4 dólares diarios, es decir \$74 mensuales.

Desde el 2011 hasta el presente año, en el Cantón Cuenca nace el Programa Municipal de Asistencia Social y Ayuda Humanitaria “Fundación Vida” entrega servicio social y atención a la población en situación de pobreza, mendicidad, indigentes y abandono, contribuye con la mejora en la calidad de vida como lo menciona el Plan del Buen Vivir, y propicia un desarrollo y bienestar integral de las personas. Procura disminuir la mendicidad en calles, avenidas, parques y plazas de la ciudad mediante la metodología de

Fotografía 02.

Proyecto de vivienda de interés social Cuenca







Fotografía 03.  
Mendigo - Central la Inmaculada Concepción de Cuenca

abordaje y monitoreo, diagnóstico, análisis socio-económico y entrega de servicios.

Según el PMASAH –PV<sup>1</sup>, en las ciudades de Cuenca era muy común ver en las calles, parques y avenidas de nuestra ciudad numerosas personas niños/as, jóvenes, adultos/as mayores y personas con discapacidades, que hacían de la mendicidad su modus vivendi.

En el Cantón Cuenca la mendicidad se volvió itinerante, con la presencia de mendigos e indigentes que migran de otras ciudades, cantones, provincias y lugares cercanos; siendo una población mínima residentes en la ciudad. La mayoría de esta población reside en la zona rural del Cantón Cuenca, pertenecen a hogares disfuncionales, con problemas de salud mental, con un alto consumo de alcohol, con negligencia en el cuidado y protección al adulto mayor.

Según el PMASAH –PV y con experiencia de profesionales y el grupo de trabajo han clasificado a la población pobre del Cantón Cuenca en:

- Indigentes: Es la persona que vive en la calle por no estar en su sano juicio, tiene problemas psiquiátricos o son drogodependientes. Por lo general no tienen referentes familiares y dependen de sustancias que le ayudan a reducir su necesidad de hambre y frío, no trabajan, viven para consumir y consumen para vivir.
- Mendigos: Es la persona que vive de la limosna, es un fenómeno multicausal sentidos por unos como actividad productiva, se le cataloga según su ingreso económico en dos tipos de mendigos:
  - Mendigo en el quintil 1-extrema pobreza si su ingreso es menor de \$75 mensuales.
  - Mendigo en el quintil 2-pobreza (\$150 a \$200).

La población demandante que viven en las calles y a sido atendida por el Proyecto Vida durante los años 2010-2013 dan valores que el 9.7% de personas viven en situación de pobreza y un 32% en extrema pobreza.

Se puede decir que en la Ciudad de Cuenca existen más mendigos pidiendo caridad que indigentes, ya que las personas pobres que viven en la indigencia reciben ayuda y caen en la mendicidad, se acostumbran y no quieren dejar la calle por una vida mejor.

El trabajo que realiza diariamente la Fundación Vida definen sectores de la ciudad de mayor presencia de indigentes y mendigos usando las áreas publicas como refugio y protección durante la noche como se muestra en la figura 02, siendo estos los sectores de: Feria Libre, Mercado 9 de Octubre, Plaza San Francisco, Parque Calderón, Parque Central de Ricaurte, Terminal Terrestre de Cuenca, Parque Industrial (Puente Fabián Alarcón) y en la Paseo 27 de Febrero.

- Instituciones que brindan servicio en conjunto con el PMASAH- PV

Como parte del proyecto, al ser una fundación de ayuda se ha generado una organización que cuenta con centros de apoyo que brindan su servicio conjunto dependiendo la necesidad del usuario siendo estos los siguientes:

- Centro de reposo y adicciones
- Fundación Santa Ana
- Hogar Cristo Rey
- FCGJ Nazaret
- Posada San Francisco
- Hospital Municipal de la Mujer y el Niño

<sup>1</sup>PMASAH- PV. Programa Municipal de Asistencia Social y Ayuda Humanitaria "Fundación Vida"

## SECTORES CON MAYOR PRESENCIA DE INDIGENTES Y MENDIGOS EN LA CIUDAD DE CUENCA

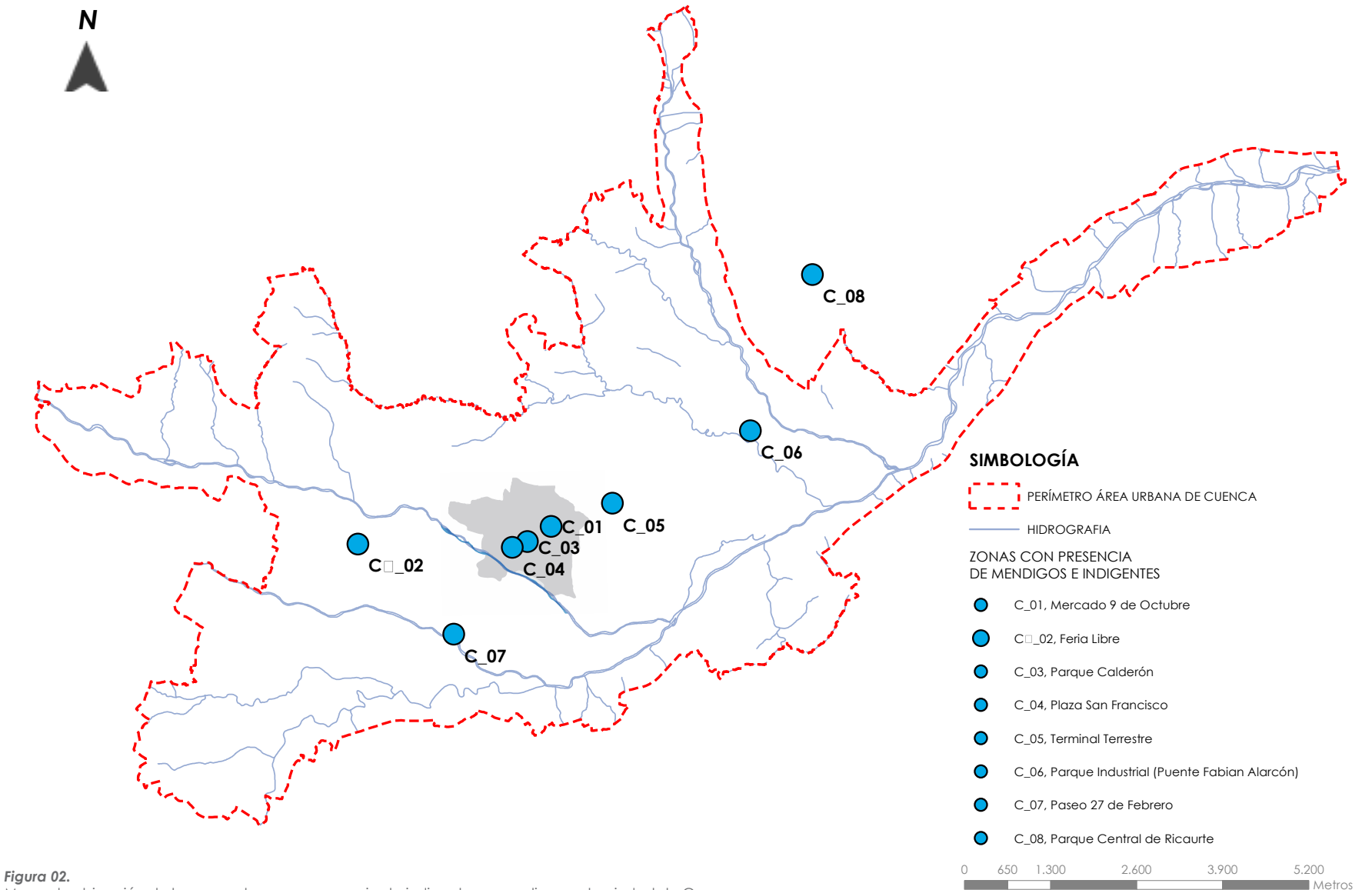


Figura 02.  
Mapa de ubicación de las zonas de mayor presencia de indigentes y mendigos en la ciudad de Cuenca



### 1.3.3. PERSONAS CON VIVIENDA INFORMAL

Con esta investigación se pretende identificar características económicas y socio-culturales de aquellas personas que forman parte de la clase social baja, son un grupo conformado por personas de escasos recursos y habitan en viviendas informales.

Varios autores definen a las viviendas informales como aglomeraciones de viviendas que resultan del uso del suelo no normalizado o regulado por parte de una determinada entidad municipal; por lo general se ubican en sectores rurales o en la periferia de la ciudad. Podemos encontrar viviendas aisladas o conjuntos de viviendas que con el transcurso del tiempo se han consolidado como barrios informales.

Los asentamientos informales se emplazan generalmente en márgenes de ríos o quebradas, montañas con pendientes no aptas para la construcción, áreas municipales, áreas privadas o sitios abandonados que no siempre cuentan con servicios básicos.

La principal causa de estos asentamientos son la falta de recursos económicos para adquirir un bien, ya sea terreno o vivienda. Por la necesidad de espacios de refugio optan por alternativas más económicas que pertenecen al sector informal o ilegal.

Se producen además a la inversa del plan de ordenamiento tradicional, es decir los informales ocupan el terreno, construyen y finalmente con el pasar del tiempo obtienen la propiedad del terreno.

Se pueden clasificar en tres tipos, según las condiciones en la que se apropian del espacio:

- Personas que se apropian de un terreno público y auto-construyen su vivienda

La ocupación o invasión de tierras fiscales o privadas, cuya construcción fue financiada por sus ocupantes o sus antecesores por el sistema de auto construcción" (Gorosito, 1996).

En la ciudad según La Dirección de Avalúos y Catastros de la municipalidad de Cuenca, actualmente no existen predios municipales que se encuentren en uso por parte de asentamientos de viviendas informales o invasiones territoriales, para la inserción de una vivienda.

- Personas que se apropian de un terreno privado y auto construyen su vivienda

Son casos que se dan generalmente cuando las personas ocupan por un tiempo terrenos ajenos, auto construyen su vivienda de forma provisional, y con el pasar del tiempo se apropian por posesión

- Personas que se apropian de una vivienda abandonada

Estas personas no cuentan con documentos que sustenten y respalden un permiso para poder ocupar estas viviendas, por esta razón no obtienen permisos de propiedad ni de construcción. En su mayoría son constructores de su propia vivienda, es decir, nace de la habilidad o la imitación de un modelo de vivienda cercano por la necesidad urgente de un refugio.

Es por esto que "48.000 familias por año deben buscar soluciones alternativas en el sector informal. De hecho, dos de cada tres viviendas que se edifican en el Ecuador se hacen informalmente" (De Guzmán, Alberto. Pág. 13-17).

### VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE CUENCA

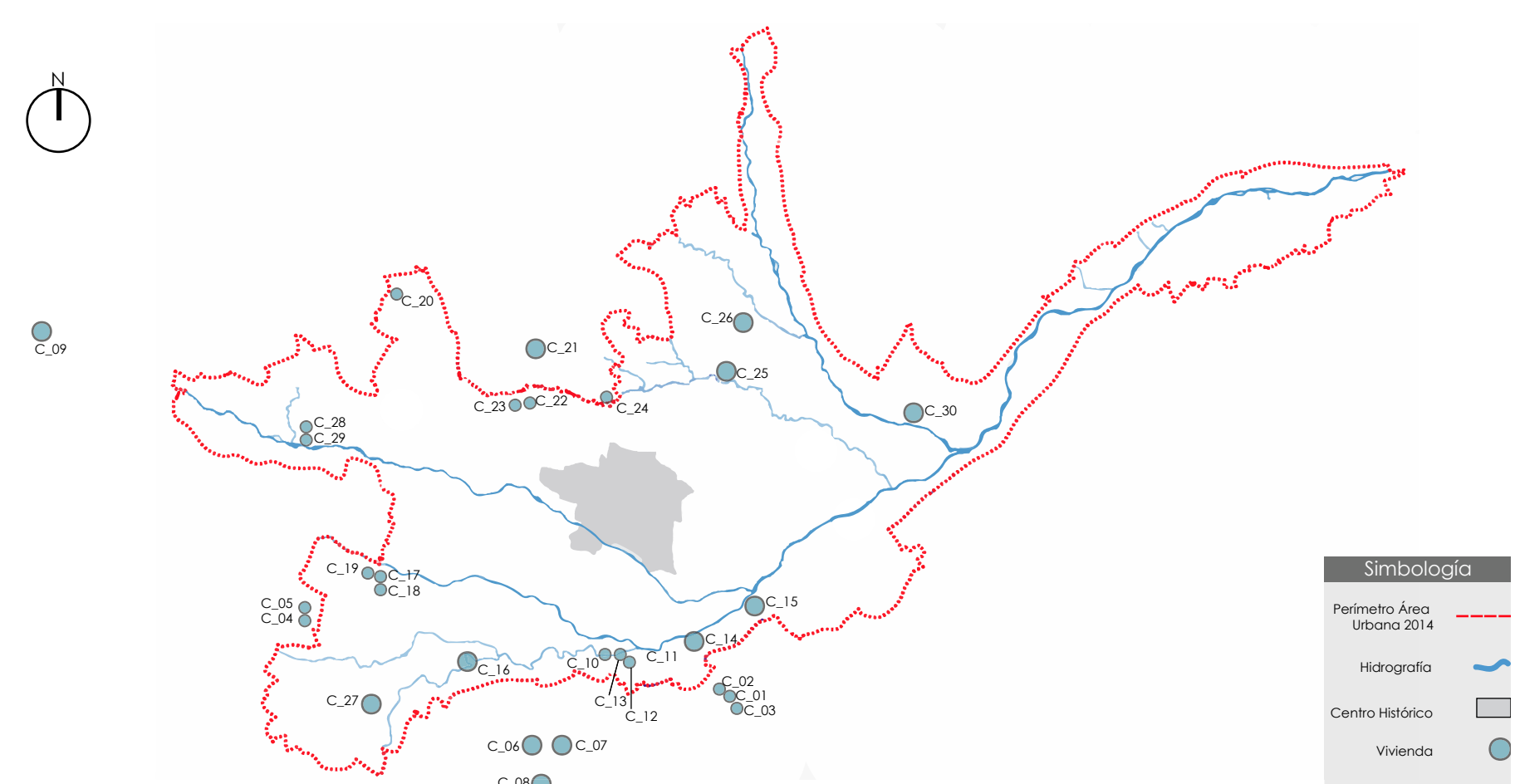


Figura 03.  
Mapa de ubicación de viviendas informales en la ciudad de Cuenca





Como se establece en el trabajo de titulación *Prototipo de vivienda de interés social sostenible*, después de una encuesta realizada a las personas con viviendas informales en la ciudad de Cuenca, con una muestra cualitativa de 30 viviendas asentadas alrededor de la ciudad. Ver figura 03.

Se describe que, hay casos ubicados en áreas de influencia; el cual obtuvieron resultados en varios ámbitos como es el factor lugar, que da como resultado que 50% de las familias ocupan terrenos heredados o donados, el 33% tienen terreno propio comprado a precio de oportunidad, y el 63% de los entrevistados no es dueño del terreno, es decir les han prestado o se han apropiado del mismo.

Así mismo, la accesibilidad y la movilidad no son de gran importancia ya que no les limita su desplazamiento a otros lugares. Cuentan con servicios básicos, excepto el 23% que no poseen servicio de alcantarillado.

El 67% de viviendas informales han sido adquiridas a través de la auto construcción, de este valor, el 83% no requirió de mano de obra especializada para la dirección de la construcción, ésta se realizó mediante la experiencia o ayuda de personas cercanas.

Del 46 % de las viviendas el material que resuelve su sistema de construcción son paredes de madera en formato tabla, seguido por el bloque con el 21%, el ladrillo un 13%, y materiales variados está el 20% del resto de viviendas.

La estructura del 88% de las viviendas es de madera. La cimentación se resuelven un 42% responde a cimientos de losa de contrapiso, 23% mampostería de piedra, 19% no establece cemento, 11% hormigón ciclópeo y el 3% mampostería de ladrillo.

En cuanto a la carpintería de las viviendas, el 74% corresponde a puertas y ventanas de material de madera. Ver figura 04.

Los habitantes de las viviendas informales utilizan la madera como principal material para la construcción, que al ser utilizado como elemento de cierre y poseer un espesor delgado propio de la madera, le consideran insegura, fría y débil.

El confort de la vivienda está ligado con la parte socio-cultural de las familias, ya que para los propietarios es de mayor prioridad poseer una vivienda y ser dueños legítimos, sin importar las condiciones en las que se encuentre dicha vivienda, ya que les brinda tranquilidad, seguridad y refugio el saber que poseen un bien propio. Por otro lado, si bien el uso del material, el nivel de ruido y la temperatura interior son aspectos importantes; en las viviendas que son casos de estudio, no es posible realizar una medición medio ambiental, pero como referencia de los parámetros estándar utilizado en los países Latinoamericanos para la certificación sostenible y reconocido por el Consejo Mundial de Construcciones Sostenibles (WGBC) se aplica los parámetros de la organización privada de sistema LEED (Leadership in Energy and Enviroment Desing).

Parámetros de evaluación de la sostenibilidad:

- Sitio sostenible/ Emplazamiento
- Eficiencia del agua
- Energía y atmósfera
- Materiales y recursos
- Calidad del aire interior
- Innovación y diseño

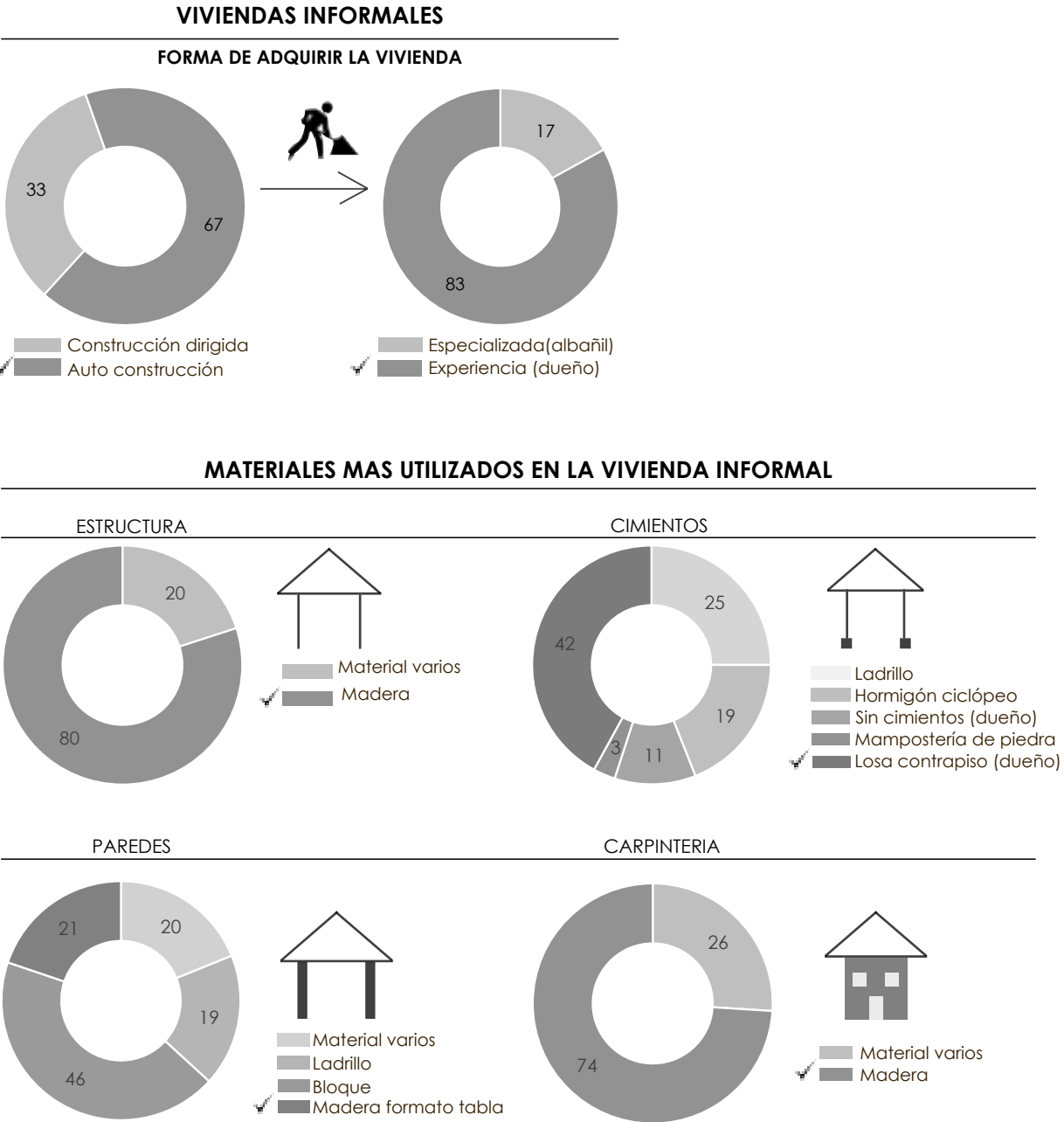


Figura 04. Uso del material en la vivienda informal en Cuenca

1.4. SELECCIÓN DEL MATERIAL

Después del estudio de la realidad actual de la vivienda social informal en la ciudad de Cuenca, los usuarios ante la necesidad de un techo donde vivir, se ven en la necesidad del uso de un material económico y de fácil acceso.

Como se ha mencionado anteriormente sobre la economía del material y los sistemas constructivos, para definir y seleccionar el material a utilizar en el diseño de la propuesta planteada como objetivo a cumplir, nos regimos no solo al material por su economía si no por otros parámetros de sustentabilidad; basada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, el 20% del material que se aplica en la construcción debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Ser un material reciclado
- Se pueda encontrar en nuestra localidad
- Generar una construcción desmontable
- Aplicación de la tecnología al material
- Ahorro energético en el uso del material
- No contenga alta toxicidad
- Que sea un material natural renovable

El material en la vivienda social cumple un papel importante por su costo, durabilidad y adquisición el momento de su selección, se analizaran todos los materiales utilizados en la ciudad de Cuenca sin descartar alguno.

Como se muestra en la tabla 01, está basado en estudios de investigaciones de las actividades de las industrias de la materia prima, de productores de materiales compuestos y parámetros de sostenibilidad para la ciudad de Cuenca.

Del resultado de este análisis podemos observar que la madera y la tierra son los materiales que se asemejan a los parámetros planteados, como material apto para cumplir con el objetivo planteado.

La tierra es un material local no renovable de bajo reciclaje mas ahorro, no existe industria alguna en nuestro país que se dedique al reciclaje de la tierra. Es posible que con este material se pueda dar la reutilización, su durabilidad depende de factores externos y condiciones medioambientales el cual no reacciona adecuadamente en su estado natural. Su mantenimiento no es fácil debe estar en constante cuidado. Su inercia térmica es alta debido a su fácil captación y transmisión de calor. Mantiene un valor de huella de carbono nulo y un costo por metro cuadrado de \$34 dólares, es uno de los materiales más económicos.

La madera es un material que se puede encontrar en nuestra ciudad y es de fácil acceso siendo el único material renovable mediante un control en su explotación, es un material cultivable y de fácil reciclaje. Su durabilidad, en su estado natural, es considerada mala dependiendo el tiempo de su especie. A este material se le debe dar un mantenimiento para su mayor durabilidad más cuando está expuesto a agentes externos. Es un material con inercia térmica alta por su captación y transmisión de calor. Es uno de los materiales con menor huella de carbono. Es un material económico con un precio aproximado de \$25 dólares el metro cuadrado, este disminuirá o aumentará dependiendo la especie utilizada.

Comparación de Materiales de Construcción desde el punto de vista sostenible en la Ciudad de Cuenca																		
Materiales		áridos	pedra	cemento	hormigón	acero	aluminio	ladrillo	bloque de pomez	yeso cartón	teja	plancha fibrocemento	plancha zinc	polycarbonato	PVC	madera	tierra	vidrio
Locales		✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓				✓	✓	✓	✓
Renovables	Cultiv. o de crianza															✓		
	Explot. control															✓		
Reciclables	Complejo +Ahorro		bajo	medio	alto	alto	medio	medio	medio	medio	med.		medio		alto	bajo	baja	medio
	Industria Nacional			✓	✓	✓	✓						✓			✓		✓
Reutilizable			✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Durable	Resis. Mecánica		✓		✓	✓		✓								✓	✓	
	Resis. Agentes Externos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓
Fácil Mantenimiento			✓		✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓		✓		✓
Inercia Térmica			alta	media	media	baja	baja	alta	baja	baja	med.	media	baja	baja		alta	alta	baja
Huella de Carbono kg CO2/kg		0,03	0,018	0,66	0,19	2,80	30,14	0,24	-	0,47	0,24	0,89	6,36	11,66	10,33	0,063	0	0,94
Costo		\$18 (m3)	\$18 (m3)	\$452,40 (m3)	\$137,90 (m3)	\$35 (m2)	\$33 (m2)	\$21,71 (m2)	\$18 (m2)	\$11,36 (m2)	\$25 (m2)	\$4,43 (m2)	\$2,57 (m2)	\$13,32 (m2)	\$160 (m2)	\$25 (m2)	\$34 (m2)	\$9 (m2)

\* Datos de huella de carbono obtenidos de: mercedes Moyano, M. P. (21 de mayo de 2010). Universidad de Sevilla. Obtenido de Biblioteca: <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/1256/cuantificacion-de-los-recursos-y-emisiones-de-co2-producida-en-las-construcciones-de-andalucia-y-sus-implicaciones-en-el-protocolo-de-kioto>.

Tabla 01.  
Comparación de materiales de construcción  
Obtenido de: Trabajo de titulación *Prototipo de interés social sostenible*.



### 1.5 LA AUTO-CONSTRUCCIÓN

Como parte del proceso de selección, es importante que el material seleccionado facilite al usuario la auto-construcción, aporta así una solución, reducir costos en la mano de obra durante el proceso de construcción de las viviendas.

Para este análisis se ha clasificado materiales de construcción en la ciudad de Cuenca (Ver tabla 02), obtenida de un análisis realizado en la tesis de *Prototipo de vivienda de interés social* (2016); en la cual se analizan dos parámetros importantes, auto-construcción, donde se involucra la facilidad de armado y la accesibilidad del material, y como segundo punto la temporalidad y uso recurrente.

Para generar la auto-construcción, es necesario que el material a emplear sea lo menos procesado posible, o demande un mínimo de técnicas o metodologías que requieran de experiencia o conocimientos específicos, tanto para su elaboración como material de uso, como para el manejo de alguna herramientas especializadas.

Como resultado, las planchas de zinc y la madera son materiales que cumplen con las condiciones mencionadas anteriormente. Las planchas de zinc a pesar de sus resultados positivos a este análisis, el uso recurrente no es el adecuado dentro de la construcción, su aceptación es baja y su uso frecuente es de cubierta o de cerramiento provisional en áreas afectadas, una alternativa emergente o momentáneo por la facilidad de montaje y desmontaje por ser un material liviano y de fácil transporte.

La madera, como se puede observar, es el material más apto por su facilidad constructiva, temporalidad y uso recurrente; además es un material generoso por sus varias posibilidades que presenta en el uso tanto en su manipulación, como en la aplicación en la construcción, permitiendo ser adaptable desde su estructura, cierres o envolventes, carpintería y acabados interiores.

Al concluir con el análisis de selección del material, como grupo de trabajo es necesario que al culminar con los análisis realizados anteriormente tanto del uso del material en viviendas sociales, como la aplicación del material en cumplimiento con parámetros medio ambientales, económicos y autoconstruibles, se define que la madera es el material de uso durante el proceso de desarrollo del prototipo del panel estructural.

Comparación de Materiales de Construcción en la Ciudad de Cuenca / Parámetros de Uso				
Materiales	Autoconstrucción		Temporalidad	
	Facilidad de Armado	Accesibilidad	Uso Recurrente	
pedra	medio	alta		5.63 %
hormigón	difícil	media		16.25 %
acero	difícil	baja		0.50 %
aluminio	fácil	media		4.33 %
ladrillo	medio	media		3.46 %
bloque de pómez	medio	alta	✓	3.50 %
yeso cartón	medio	media		0 %
teja	difícil	media		1.83 %
plancha de fibrocemento	fácil	alta		3.50 %
plancha de zinc	fácil	alta		12.67 %
polícarbonato	fácil	media	✓	0.50 %
madera	fácil	alta	✓	42.33 %
tierra	medio	alta		5.50 %
vidrio	fácil	media		0 %

Tabla 02. Cuadro comparativo de materiales de construcción en Cuenca  
Obtenido de: Trabajo de titulación *Prototipo de interes social sostenible*.





Fotografía 04  
La madera como recurso económico - natural

## 2. LA MADERA COMO RECURSO ECONÓMICO

“La madera es un material heterogéneo poroso, de origen vegetal, constituido por células muertas, biodegradables, combustible, higroscópico y anisotrópico” (NEC-Estructuras de Madera, 2014).

Es uno de los materiales más utilizados desde los tiempos remotos hasta la actualidad, ha tenido la capacidad de evolucionar con el hombre desde sus primeros usos en la época paleolítica como herramientas de protección, armas de caza y elemento para la construcción de sus cuevas o refugios. Sin embargo su uso se fue disminuyendo desde la revolución industrial donde aparecen nuevos materiales que la remplazan.

A pesar de la variación y la disponibilidad de nuevos materiales, hasta la actualidad sigue siendo de uso en la construcción por su facilidad de obtención, sus características que posee, ventajas térmicas, fácil manipulación y amplia variedad de texturas disponibles.

En algunos países, la madera ha sido su material principal en la construcción por su correcto comportamiento y sus cualidades como elemento estructural.

En la actualidad, por creencias erróneas y por desconocer sobre las propiedades de la madera, se define como un material de baja calidad por su aspecto grotesco que presenta la madera aserrada (sin acabados), lo que produce un desprecio e inseguridad como elemento funcional y estructural.

El proyecto tiene como objetivo experimentar el uso de la madera como una alternativa para satisfacer la demanda de vivienda, capaz de ser un elemento estructural portante, económico y estético.

### 2.1. LA MADERA PARA LA CONSTRUCCIÓN

La madera es el único material con el que se puede construir íntegramente una edificación. Es considerado material liviano por el bajo peso propio que contiene en comparación con otros materiales. Se diferencian dos tipos de uso del material; la madera estructural para fines resistentes a cargas y la madera no estructural o de construcción que no resiste a cargas importantes y se utiliza como elementos de cierre.

#### 2.1.1. RECURSOS NATURALES EN EL ECUADOR

El Ecuador es considerado como uno de los países con mayor variación biogeográfica y biodiversidad de especies naturales por hectárea en el mundo según el Ministerio del Medio Ambiente MAE. Dentro de esta se encuentra el recurso forestal, el cual se ha vuelto un aporte económico para el país. Las industrias forestales extienden su alcance al extranjero con productos como la Balsa de la especie ochoroma piramidale. Es Ecuador el principal exportador en el mundo de esta especie según el boletín de análisis de mercados internacionales del año 2013.

Los bosques nativos se ven afectados por la deforestación, evidencia de las carentes políticas de control y seguimiento de este recurso natural. Esto permite la explotación irracional, principalmente por la expansión territorial, en las zonas rurales para producción agrícola. Recientemente en el año 2000 y posteriores se comienzan a publicar las normas para el manejo forestal sustentable para aprovechamiento de la madera.

#### DATOS ESTADÍSTICOS

El 42,38% del territorio ecuatoriano está cubierto con bosques naturales lo que representa un total de 11'473.000ha, repartidas de la siguiente manera: en el Oriente con un 80% del total, en la Costa con un 13% y en la Sierra con un 7% aproximadamente. Las superficies se subdividen en Sistemas Nacionales de Áreas Protegidas, áreas de Bosques y Vegetación Protectores, Patrimonio Forestal del Estado y Bosques Naturales Privados, (CORPEI, 2009).

La gran variedad de especies de maderas nativas del Ecuador han permitido a las pequeñas, medianas y grandes empresas aprovechar no solo el recurso maderero sino también las gomas, resinas, corteza, frutos, hojas, raíces, etc., que ofrece cada especie, convirtiéndose en bienes y servicios para la población. Existen 23 productos forestales de la madera registrados, con un volumen total de 974.131 m3 de aprovechamiento de estos recursos, entre estos están: la caña rolliza, carbón, semillas, caña aplanada, leña, latillas, fibras, frutos secos, ramas, hojas, etc.







### Volúmen aprobado para manejo forestal

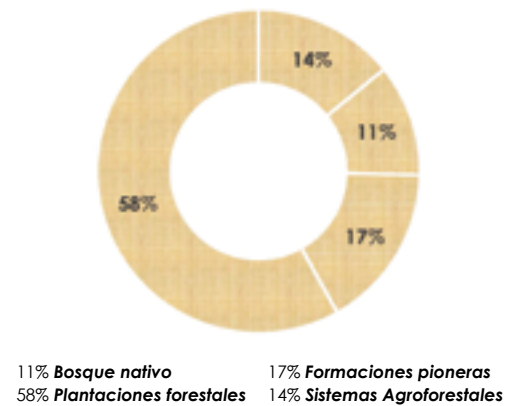


Figura 05.  
Manejo Foresta en el Ecuador  
Ministerio del Ambiente MAE/2011-2014

### Cumplimiento de normativa de productores madereros en el Ecuador

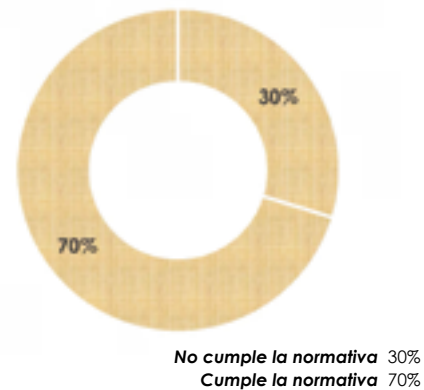


Figura 06.  
Porcentaje de cumplimiento de normativa  
Ministerio del Ambiente MAE/2011-2014

Entre bosques privados, estatales, mixtos (estatales y privados), comunitarios, comunitarios-privados, existe un total de 2'330,262ha de bosques protectores (Ministerio del Ambiente, 2015). Estas plantaciones han estado sujetas últimamente a planes integrales de manejo forestal, desarrollados conjuntamente con las comunas o propietarios que lo habitan. El manejo sostenible del recurso forestal garantiza una estabilidad para el uso en las generaciones futuras.

### 2.1.2. MANEJO DEL RECURSO FORESTAL SOSTENIBLE

El manejo forestal sostenible es un "concepto dinámico y en evolución, que tiene como objetivo conservar y aumentar los valores económicos, sociales y ambientales de todos los tipos de bosque en beneficio de las presentes y futuras generaciones" (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2008). Este concepto comprende también el beneficio al medioambiente como: el control de los cambios climáticos, la conservación de la vida silvestre, la conservación de las vertientes naturales de agua, la prevención de deslizamientos montañosos y la erosión del suelo.

El Ministerio del Ambiente busca estabilizar el consumo de los recursos madereros por medio de la emisión de licencias forestales permite así realizar un manejo forestal que beneficia a las comunidades en cuanto al aprovechamiento del recurso, y permita asegurar la permanencia en el tiempo.

### 2.1.3. MANEJO DEL RECURSO FORESTAL NACIONAL

El manejo forestal está subdividido en cuatro ámbitos de importancia: los bosques nativos, las formaciones pioneras, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales. Cada uno de ellos tiene un diferente propósito, y para el tema de investigación planteado se tomará en cuenta principalmente plantaciones forestales es el responsable de la renovación del recurso el cual pretendemos sea sustentable.

Los recursos forestales en el Ecuador son controlados por el Ministerio del Ambiente (MAE) con mayor rigurosidad en la última década. Los controles de certificación para la explotación del producto están dispersas en todo el país con un total de 41 oficinas con personal técnico. Estas se encargan de la aprobación de planes tanto para reforestación, restauración y explotación del recurso forestal.

Existen también las Auditorías Forestales "in situ" a nivel técnico. Estas se encargan de realizar un documento de campo, las cuales verifican que los programas de manejo forestal cumplan con los requerimientos y normativas establecidas. Se encargan también de realizar evaluaciones técnicas eventuales (sorpresivas) en los locales para controlar el correcto manejo del recurso.

Los bosques nativos y no nativos son administrados de modo que no se pongan en riesgo las especies tanto vegetales como animales. En la figura 05 se representa el volumen aprobado para el manejo forestal en donde más del 58% está destinado a las plantaciones forestales (reforestación); de esta manera se busca lograr estabilidad entre la explotación de los bosques y las nuevas plantaciones.

### 2.1.4. NORMATIVA PARA MANEJO FORESTAL NACIONAL

-Art. 3. Recuperación mediante enriquecimiento de áreas con especies nativas.  
Esta modalidad busca incrementar servicios ecosistémicos mediante la implantación (plantación) de especies florísticas nativas con material vegetativo proveniente de viveros o de bosque natural.

Corresponde a prácticas silviculturales para la restauración de ecosistemas, como por ejemplo: reforestación con fines de protección o conservación (aproximadamente 400 plantas por hectárea).

-Art. 9.- Meta.- Restaurar la cobertura forestal del Ecuador continental con fines de conservación y protección en aproximadamente 500.00 hectáreas, hasta finales del año 2017.

En este acuerdo se plantean nuevas estrategias y el incremento de incentivos económicos para poner en función las prácticas de restauración y reforestación de los bosques nativos del país. Con esto entendemos que el Ecuador se encuentra en un punto de inflexión en donde se está tomando con mucha responsabilidad el cuidado de nuestra biodiversidad y la concientización de la población hacia el respeto y cuidado de los recursos naturales. Ver figura 06.



2.2. RECURSOS NATURALES EN EL AZUAY

La provincia del Azuay está ubicada en una zona con climas variables, desiertos, páramos, bosques secos, bosques húmedos, etc. Existen siete tipos de climas de los cuales predomina el ecuatorial meso-térmico semi-húmedo y se pueden encontrar un total de 20 ecosistemas abarcando una superficie de 466.912 hectáreas sin intervención humana según los datos del último PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Azuay del año 2015).

Los bosques de montaña evidencian en cada ecosistema una combinación entre humedad, geomorfología, temperatura e historia evolutiva que presentan una biodiversidad florística única de la provincia. Dada esta suerte de variedad natural en nuestro país, la falta de conciencia por parte de la población y la falta de control en los diferentes cantones, ha provocado que se realicen actividades insostenibles y agresivas contra el medio ambiente.

La caza ilegal de especies silvestres, colonizaciones en zonas ilegales, agricultura y ganadería a gran escala no amigable con el entorno, explotación forestal sin permisos, minería artesanal sin restricciones, entre otras, han sido las desencadenantes para que se tome en cuenta la conservación de los ecosistemas en Alta Prioridad en toda la provincia especialmente para el Páramo y para los Bosques Montanos Occidentales y Orientales de los Andes.

Una solución pertinente para nuestra provincia sería que en un 53,52% del territorio Azuayo se puedan potenciar actividades de reforestación, restauración, mantenimiento de la cobertura forestal vegetal natural, y recuperación de áreas degradadas. Esta superficie abarca un total de 454.516,91ha que lograría generar un equilibrio entre la cantidad de explotación de los bosques y su regeneración.

En el período 2011-2014 se aprobaron los programas de manejo forestal, la especie con mayor volumen aprobado fue el Eucalipto con un total de 1'842.588 m3 (Ver tabla 03). El 89,42% del total está dentro del ámbito de plantaciones forestales, la balsa, la teca y el pino son las especies que le siguen; con esto se busca aprovechar al máximo los recursos importantes para la economía del país, ya que algunos de ellos son productos de exportación y otros materia prima para varios usos dentro del país.

Las principales especies localizadas en esta zona son el Eucalipto (Eucalyptus globulus Labill) y el Pino (Pinus Radiata). Utilizadas en mayor porcentaje para la construcción por medio de las industrias primarias, las cuales se encarga de la transformación de la madera para este fin, y se subdividen en: aserraderos, fábricas de contrachapado (tableristas), fábricas de aglomerados (tableros de partículas) MDF y fábrica de astillas.

PLANTACIONES FORESTALES EN EL ECUADOR	
Especie	Volumen aprobado (m3)
Eucalipto (Eucalyptus globulus)	1.842.588
Balsa (Ochroma lagopus)	1.562.426
Teca (Tectona grandis)	1.188.241
Pino (Pinus radiata)	1.179.910
Pino (Pinus patula)	580.270
Melina (Gmelina arborea)	393.101
Pachaco (schizolobium parahyba)	342.657
Balsa (Ochroma pyramidale)	315.216
Eucalipto (Eucalyptus grandis)	185.222
Laurel (Cordia alliodora)	79.464
Arabisco (Jacaranda copala)	76.550
Cutanga (Parkia multijuga)	66.136
Caña Guadua (guadua Angustifolia)	60.735
Guayacan Blanco (Tabebuia donald smit)	41.964
Cipres (Cupresus macro-carpa)	40.779
Otras Especies (130)	290.126
TOTAL	8.245.386

Tabla 03.  
Volumen de plantaciones forestales en el Ecuador Ministerio del Ambiente MAE/2011-2014

### 2.3. ESPECIES MADERABLES

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), está encargado de toda la gestión forestal en el país y ha registrado a partir del año 2011 las zonas más importantes para producción maderera. Según estos registros la Costa y el Oriente son las regiones con mayor porcentaje de bosques nativos, más de un 90% para ser más precisos. La Sierra en cambio es la zona con mayor porcentaje en cuanto a plantaciones forestales principalmente de especies introducidas como el Eucalipto (*Eucalyptus globulus labill*).

La gestión forestal se encuentra subdividida según el tipo de formación en cuatro categorías: bosque nativo, regeneración natural, plantaciones forestales y sistemas agroforestales. En cada una de estas se encuentra un diferente tipo de especie de madera las cuales son destinadas para distintos usos. La suma de estas cuatro formas de gestión determina cual es la especie con mayor volumen aprobado para el manejo forestal.

En la tabla 03, se muestra una síntesis de las especies con mayor y menor aprobación para manejo forestal. Son el eucalipto, la balsa, la teca, el pino y el laurel las maderas con más importancia todas ellas con más de un millón de metros cúbicos aprobados desde el año 2011 al 2014.

### 2.4. CLASIFICACIÓN POR DUREZA DE LA MADERA

Existe una gran diversidad de especies que pueden ser identificadas por su dureza. En el Ecuador tenemos desde maderas muy blandas como la balsa (*Ocrhoma pyramidale*) y muy duras como la caña guadua (*Guadua angustifolia*). Según el Ministerio de Comercio Exterior en su Boletín de Análisis de Mercados Internacionales N°8, menciona que:

“Ecuador es uno de los más importantes productores y exportadores de madera de balsa de calidad internacional. La industria procesadora nacional es una de las más antiguas del país y ha alcanzado un alto nivel de desarrollo, tanto en procesos de reforestación como de transformación de la madera en tableros, láminas, bloques y madera aserrada para exportación.”

Muchas de las especies maderables del país cuentan con una muy buena calidad para la construcción, sin embargo, la falta de ciencia sobre estas especies no ha permitido explotar al máximo sus potencialidades como elemento renovable para la construcción. Algunas especies (con sus nombres comunes) como el laurel de la costa,guayacán, mascarey, eucalipto y la caña guadua son muy utilizados en la construcción arquitectónica, no solo para elementos estructurales sino también para mobiliario y carpintería.

En la tabla 04, con información obtenida del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) se presenta las maderas más comúnmente utilizadas a nivel del Ecuador, su densidad y dureza que presenta cada especie.

MADERAS COMÚNMENTE UTILIZADAS EN EL ECUADOR		
NOMBRE COMÚN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE MADERAS LOCALES E INTRODUCIDAS -Ecuador- (Nombre científico)	DENSIDAD APROXIMADA (SECA AL AIRE) [gr/cm3]	CLASIFICACIÓN DUREZA COMPARATIVA
EUCALIPTO ( <i>Eucalyptus globulus labill</i> )	0.55 - 0.71	DURA
LAUREL DE LA COSTA ( <i>Cordia alliodora/gerascanthus</i> )	0.46	DURA
LAUREL NEGRO ( <i>Cordia macrantha</i> )	0.56	DURA
GUAYACÁN ( <i>Tabebuia chrysantha</i> )	0.65 - 1.15	DURA
MASCAREY ( <i>Hieronyma alchorneoides</i> )	0.77	DURA
CHANUL ( <i>Humiriastrum procerum</i> )	0.69 - 0.87	DURA
YUMBINGUE ( <i>Terminalia amazonia</i> )	0.61 - 0.71	DURA
ROMERILLO ( <i>Podocarpus oleifolius</i> )	0.63 - 0.77	DURA
CAÑA GUADUA ( <i>Guadua angustifolia</i> )	0.8	DURA
TECA ( <i>Tectona grandis</i> )	0.69	SEMI-DURA
FERNÁN SANCHEZ ( <i>Triplaris cumingiana</i> )	0.53	SEMI-DURA
CHUNCHO ( <i>Cedrelinga cateniformis</i> )	0.46 - 0.64	SEMI-DURA
EUCALIPTO ( <i>Eucalyptus grandis</i> )	0.45 - 0.55	SEMI-DURA
MELINA ( <i>Gmelina arborea</i> )	0.58	SEMI-BLANDA
PINO ( <i>Pinus radiata</i> )	0.39 - 0.48	SEMI-BLANDA
TERMINALIA ( <i>Terminalia superba</i> )	0.41	SEMI-BLANDA
CIPRÉS ( <i>Cupressus macrocarpa</i> )	0.48	SEMI-BLANDA
CEDRO ( <i>Cedrela odorata</i> )	0.48 - 0.53	SEMI-BLANDA
CANELO ( <i>Nectandra acutifolia</i> )	0.48	SEMI-BLANDA
CUTANGA ( <i>Parkia multijuga</i> )	0.47	SEMI-BLANDA
PACHACO ( <i>Schizolobium parahybum</i> )	0.41	BLANDA
BALSA ( <i>Ocrhoma pyramidale</i> )	0.10 - 0.15	BLANDA
BALSA ( <i>Ochroma lagopus</i> )	0.10 - 0.20	BLANDA
PINO ( <i>Pinus patula</i> )	0.43	BLANDA
ALISO ( <i>Alnus acuminata</i> )	0.37 - 0.47	BLANDA
ARABISCO ( <i>Jacaranda copaia</i> )	0.3 - 0.52	BLANDA

Tabla 04.  
Lista de maderas utilizadas en el Ecuador  
Ministerio del Ambiente MAE/2011-2014



2.5. MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL

La madera aserrada estructural es el producto de la clasificación o selección de la madera para uso y función básicamente estructural. Se clasifica por sus propiedades físicas y mecánicas, que se encuentran determinadas mediante pruebas de ensayos realizados en laboratorio, como exige la norma actualmente en vigencia para fines estructurales. Se obtiene mediante cortes longitudinales del tronco generando piezas rectangulares, esbeltas y de sección transversal.

Para el diseño de elementos estructurales de madera es recomendable considerar componentes importantes, que expresan diferentes tipos de esfuerzos sujetos a cargas en una construcción.

2.5.1 REQUISITOS GENERALES PARA MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL

Las maderas a utilizarse en estructuras de una edificación deberán cumplir con las siguientes condiciones según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/ JUNAC:

- Debe ser material clasificado de calidad estructural, que cumplan con las características mínimas garantizadas. Mediante una previa clasificación visual, con el objetivo de elegir maderas libre de cualquier defecto o irregularidades, permite una verificación de las tolerancias permitidas en sus propiedades físicas y mecánicas para que un elemento de madera sea estructural.
- Debe ser piezas de madera dimensionadas, de acuerdo a las secciones más usuales o que se encuentren dentro de las dimensiones de la escuadría.

- Usar madera seca con un contenido de humedad máxima del 19% o del 12% si se trata de madera laminada. Si la madera no está dentro de este rango de contenido de humedad, no podrá ser utilizada como elemento estructural.
- La madera estructural debe tener una buena durabilidad natural, o, en su defecto, debe ser preservada adecuadamente con algún compuesto adicional que ayude a mejorar sus propiedades referentes a la defensa contra agentes externos.

2.6. FACTORES QUE ALTERAN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

La madera, al ser un material obtenido de la naturaleza, presenta ciertas particularidades e irregularidades que pueden afectar al comportamiento estructural al que va a ser sometido. Por lo que se estima que un 40% al 45% de las piezas cumplen con normativas para que sean consideradas como madera estructural (PADT-REFORT/JUNAC, 1982), por ellos es importante su selección o clasificación previo a la construcción de elementos estructurales debido a que disminuyen su trabajabilidad y resistencia del elemento.

Para un mejor entendimiento es necesario especificar que: “Un defecto de la madera es cualquier irregularidad que reduzca su durabilidad, resistencia, valor, estético o volumen” (Mario H. Chan Martín, 2002). Estos defectos o irregularidades, han sido clasificadas de la siguiente manera: naturales u originados por la constitución anatómica de la especie, originados por ataques biológicos y originados durante el secado.

Al ser un material natural, sus deformaciones o irregularidades no pueden ser controladas durante su crecimiento, para ello se debe conocer el comportamiento de cada una de las deformaciones que la madera puede presentar, quien rige pautas para actuar mediante limitaciones de uso o tratamientos que eviten fallas o deterioros posteriores por ataque de agentes orgánicos o aumento en el defecto propios de la madera.








2.6.1. TIPOS DE DEFECTOS PRESENTES EN LA MADERA

DEFECTOS POR NUDOS

Los defectos por nudos que presenta la madera son el resultado que dejan las uniones entre el tronco y las ramas, están conformadas por fibras en sentido circular en relación a las fibras longitudinales del tronco, su dimensión se relaciona con el diámetro de la rama y la clase de especie del árbol.

Además los nudos presentan desventajas cuando su uso es principalmente estructural, genera pérdida en la resistencia del elemento. Los nudos se pueden clasificar según como fue realizado el corte en el aserrío y la ubicación del nudo en el elemento, siendo estas: nudo vivo, nudo muerto, nudo arracimados, de arista, en el borde, en el canto y en zona central. Ver Tabla 05.

Tabla 05.  
Deformaciones por nudos en la madera aserrada

TIPOS DE DEFECTOS PRESENTES EN LA MADERA MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO PADT - REFORT /JUNAC		
DEFECTOS POR NUDOS		
Defecto	Figura	Observaciones
Nudo vivo		Se genera por la unión de una rama con el árbol
Nudo muerto		Llamado nudo hueco cuando se desprende después que la rama muere
Nudos arracimados		Dos o más nudos agrupados por las desviaciones de las fibras que los rodean y llegan a alterar la proporción del grano en toda la pieza
Nudo de arista		Nudo en cualquiera de las aristas de la pieza
Nudo en el borde		Nudo en cualquiera de los bordes (borde < canto)
Nudo en el canto		Nudo en el canto (canto=cara mayor pieza)
Nudo en zona central		Nudo en el centro de la pieza (solo en el canto)

DEFECTOS POR CONSTITUCIÓN ANATÓMICA

Estos defectos son muy notables principalmente en el pino. Esta madera suele presentar cierto tipo de irregularidades como por ejemplo: la presencia de nudos conocidos vulgarmente como “ojos”; grano no uniforme, quiere decir, que las fibras no siguen siempre el mismo sentido debido a la gran cantidad de nudos que presenta, médula incluida, en donde se encuentran células muertas de los primeros anillos de crecimiento; y parénquimas, almacenan y conducen sustancias de reserva de la madera desde la corteza hasta la médula del tronco, deja cierto tipo de bandas irregulares en su sección.

Esto afectaría directamente a las dimensiones de las piezas del prototipo, se busca es utilizar casi todo el material generando el menor desperdicio posible. Ver tabla 06.

- Usar madera seca con un contenido de humedad máxima del 19% o del 12% si se trata de madera laminada.
- La madera estructural debe ser de buena durabilidad natural, o, en su defecto, debe ser preservada adecuadamente.


DEFECTOS POR CONSTITUCIÓN ANATÓMICA		
Defecto	Figura	Observaciones
Médula incluida		Constituida por células muertas que han dejado los anillos de crecimiento iniciales
Bandas anchas de parenquima		Constituida por células de parénquima. Células que sirven para almacenar sustancias de reserva
Grano inclinado		Desviación de la fibra que presenta la pieza con respecto a su corte longitudinal
Grano entrecruzado	<div>TangencialRadial</div>	Crecimiento del grano en forma espiral respecto al eje del árbol

Tabla 06.  
Deformaciones por constitución anatómica en la madera aserrada

DEFECTOS POR REACCIÓN

Los factores principales responsables de que la madera no sea uniforme, es el tipo de suelo en el que se desarrolla, el clima al que se exponen ya sea húmedo o seco, especialmente si es en zonas ventosas; en estas zonas el árbol tiende a poseer una constitución menos uniforme, es decir, al estar sometidas a esfuerzos constantemente producto del viento, son capaces de resistir a la flexión en la cara que recibió mayor viento. Ver tabla 07.



DEFECTOS DE MADERA POR REACCIÓN		
Defecto	Figura	Observaciones
Madera de reacción (tensión en latifoliadas)		En maderas latifoliadas la madera de reacción se da en en la zona cóncava, se puede notar al realizar la sección del tronco siendo sometida a tracción
Madera de reacción (compresión en coníferas)		En maderas coníferas la madera de reacción se da en la zona convexa y está siendo sometida a compresión

Tabla 07.  
Deformaciones por reacción de la madera aserrada

DEFECTOS POR SECADO

Los defectos por secado pueden ser muy evidentes principalmente en el eucalipto (eucalytus globulus) y la forma de apilado sería el primer factor para la selección ya que según esta se pueden controlar las deformaciones. En general en los aserraderos visitados en la ciudad de Cuenca, podemos encontrar principalmente el apilado tipo "Castillo o Encastillado Cuadrado", que puede llegar a controlar (en porcentaje) las deformaciones como el abarquillado, la encorvadura, la arqueadura, el colapso y el endurecimiento superficial. Ver tabla 08.

La desventaja de esta forma de apilado es la aparición de manchas, hongos o insectos por la humedad del material. (MANUAL PARA EL PARTICIPANTE TECNOLOGÍA DE LA MADERA Y MATERIALES) Nicaragua. Otro problema por el secado son las grietas o rajaduras, las cuales se logran controlar utilizando zunchos metálicos. Cabe hacer énfasis en que la madera al ser un material natural puede presentar deformaciones fuertes incluso con estas prevenciones.






DEFECTOS POR SECADO		
Defecto	Figura	Observaciones
Alabeo		Deformación de una pieza por la curvatura de sus ejes longitudinal o transversal o de ambos
Abarquillado		Arqueamiento de las caras en la dirección transversal
Arqueadura o combado		Arqueamiento en las caras en la dirección longitudinal
Colapso		Reducción dimensional que ocurre en el secado por encima del PSF por aplastamiento de sus cavidades celulares
Encorvadura		Arqueamiento de los cantos en sentido longitudinal

Tabla 08.  
Deformaciones por secado de la madera aserrada

DEFECTOS DURANTE EL ASERRÍO

Generalmente las dimensiones de la tabla varían por especie y por el aserradero en donde ha sido seccionado (mala escuadría), pero en cuanto al eucalipto hemos encontrado principalmente tablas de 3 metros de longitud en donde se produce variaciones aproximadas entre +5 cm y – 5cm; el canto aproximado en otras especies va desde 20 a 22 centímetros, sin embargo en la actualidad las dimensiones se han visto afectadas debido a la demanda del producto. Esto ha provocado que el tiempo de cosecha de los bosques sea menor y las dimensiones sufran una variación en cuanto a formatos determinados.

Sin embargo en la actualidad las dimensiones de la tabla de eucalipto se han visto afectadas debido a la demanda del producto. Lo que produce es una afectación en las dimensiones finales de los formatos reduciendo hasta los 15 a 18 centímetros; y el espesor con una variación entre 15 hasta 25 mm aproximadamente, en donde la media sería de 2 centímetros. También se puede encontrar aristas faltantes o picaduras, es decir, cortes accidentales sobre la pieza. Ver tabla 09.

DEFECTOS DURANTE EL ASERRÍO		
Defecto	Figura	Observaciones
Arista Faltante		Falta de madera en una o más aristas por mal cortado
Mala escuadría		Sección de una pieza de madera que no ha sido cortada a escuadra
Picada		Depresión en la superficie de una pieza producida por un corte anormal

Tabla 09.  
Deformaciones en aserrío de la madera aserrada



2.7. NORMA DE TOLERANCIA DE DEFECTOS DE LA MADERA ASERRADA

Al ser un material natural, sus deformaciones o irregularidades no pueden ser controladas durante su crecimiento, para ello deben ser reconocidas para aplicar limitaciones de uso o aplicar tratamientos que eviten fallas o fracasos durante su servicio ya sea estructural o no estructural. Las deformaciones que presentan los elementos de madera son parámetros importantes de control para su funcionamiento adecuado el momento de su aplicación. Por esta razón el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN establece parámetros de tolerancia permisibles de uso para cada clasificación de especies.

El grado de defectos de la madera no es constante, esto depende principalmente de la especie por las características que presentan y la formación en su desarrollo, el cual no se puede controlar por el hombre, si no es un fenómeno natural propio del material.

Según la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) las deformaciones establecen parámetros de clasificación y calificación para cada una de sus fallas presentes en las mismas. Al clasificar la madera en los cuatro grupos A, B, C y D como indica la norma, es D la clasificación que en la Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC) no se especifica, para este trabajo de titulación, no se considera por motivos de que sus características no cumplen para elementos estructurales, dejando de lado su análisis sin su consideración.

Los rangos de tolerancia admisibles, posibilidades de deformación y especificaciones de uso del material se muestran a continuación en la tabla 10, permite establecer un límite de aceptación y control para cada grupo, con el fin de que su uso de trabajo posterior sea adecuado y garantizado en base a la norma vigente para elementos estructurales.

DEFECTOS Y TOLERANCIAS PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE MADERAS ASERRADAS Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 2011)				
DEFECTOS	MADERAS PARA ESTRUCTURAS (A)	MADERAS PARA RECUBRIMIENTOS (B)	MADERAS PARA MUEBLES (C)	OTROS USOS Y ENCOFRADOS (D)
1.- ANATÓMICOS				
(a) Anatomía				
Médula incluida	No se permite	Permisible 5%	Permisible 5%	Permisible 15%
Duramen quebradizo	No se permite	No se permite	No se permite	Permisible 15%
Bandas anchas				
Parenquima	No se permite	Permisible 10%	No se permite	Permisible

(b) Grano				
Recto	Permisible	Permisible	Permisible	Permisible
Inclinado	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Indiferente
Entrecruzado	Hasta 1/8 Pieza	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Indiferente
(c) Nudos				
Sano	1/4 ancho cara	1/4 ancho cara	1/4 ancho cara	Indiferente
Hueco	1/8 ancho cara	1/8 ancho cara	1/8 ancho cara	Indiferente
Arracimado	No se permite	No se permite	1/8 ancho cara	Indiferente
2.- POR SECADO				
Abarquillado	1% ancho pieza	1% ancho pieza	2% ancho pieza	4% ancho pieza
Arqueadura	0.3% largo pieza	0.3% largo pieza	0.5% largo pieza	1% largo pieza
Encorvadura	0.3% largo pieza	0.3% largo pieza	0.5% largo pieza	2% largo pieza
Torcedura	0.3% largo pieza	0.3% largo pieza	0.5% largo pieza	4% largo pieza
3.- POR ASERRADO				
Escamadura	No se permite	No se permite	No se permite	Indiferente
Grietas	1/4 espesor	1/4 espesor	1/2 espesor	Indiferente
Rajadura	Solo en un extremo	Solo en un extremo	20cm longitud	Indiferente
Arista Faltante	Una sola arista	Una sola arista	Dos sola arista	Indiferente
Compresion	No se permite	No se permite	No se permite	No se permite
4.- SANIDAD				
(a) Por Insectos				
Perfor. Pequeñas	1/4 longitud	1/4 longitud	1/4 longitud	1/3 longitud
Perfor. Grandes	3 por metro	3 por metro	3 por metro	1/2 longitud
(b) Por Hongos				
Mohos	Permisible	Permisible	Permisible	Permisible
Manchas	Permisible	Permisible	Permisible	Permisible
Pudriciones:				
Clara	No se permite	No se permite	No se permite	1/3 longitud
Castaña	No se permite	No se permite	No se permite	1/3 longitud

Tabla 10. Parámetros deformaciones permisibles de la madera



Fotografía 05.  
Fractura de la madera por esfuerzos a flexión

2.8. PROPIEDADES DE LA MADERA

Las propiedades se definen como el comportamiento o reacción que tiene el material para ciertas sollicitaciones a las que está expuesta. La madera cuenta con una estructura microscópica que nos permite determinar su densidad, higroscopia, dureza, y varios tipos de capacidades mecánicas que posee. Esta estructura se divide en:

- Anillos de crecimiento, los cuales sirven para determinar la edad del árbol.
- Radios medulares, en donde generalmente se producen las grietas por el secado.
- Parénquimas longitudinales, según su disposición se puede determinar la especie de la madera ya que ésta es la que constituye el sistema longitudinal del tronco.

La madera se divide en latifoliadas y coníferas según su estructura anatómica, de donde, las que se componen en forma heterogénea en el primer caso, y las que se componen de manera homogénea y suelen ser de menor densidad en comparación con las latifoliadas que están compuestas por un 50% más de volumen de madera.

COMPOSICIÓN QUÍMICAS DE LA MADERA

“La madera está constituida por aproximados de: Carbono (C) 49%; Hidrógeno (H) 6%; Oxígeno (O) 44%; Nitrógeno (N) y otros minerales 1%. De los que a su vez forman la Celulosa, de un 40% a 60%; Hemicelulosa del 5% al 25% y Lignina de un 20% a 40%” (JUNAC, 1982).

Las propiedades más importantes que un elemento de madera presenta según el Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC de 1982 se clasifican en: físicas, mecánicas y otras.

2.8.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

CONTENIDO DE HUMEDAD (CH)

El contenido de humedad es la suma de porcentaje en peso del agua libre, más el agua higroscópica en relación con el peso de la madera anhidra. La madera contiene agua de tres maneras:

- Agua libre:  
Se encuentra llenando las cavidades celulares - libera fácilmente por naturaleza en el proceso de secado durante un tiempo determinado.
- Agua higroscópica:  
Se encuentra en las paredes celulares - libera por naturaleza hasta encontrar un equilibrio o saturación con la humedad ambiente donde es empleado.
- Agua de constitución:  
Es parte de la estructura molecular - Se elimina mediante la combustión.

Se puede calcular el contenido de humedad de un elemento de muestra de dos formas: Proceso de toma de datos mediante un higrómetro o por proceso empírico aplicando la formula siguiente:

$$CH \% = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso anhidrido}}{\text{Peso anhidrido}} \times 100$$

Una madera llega a su punto de saturación cuando su contenido de humedad varía entre 25%-35%. Cuando la madera llega a un equilibrio con la humedad propia y la humedad del ambiente se le conoce como contenido de humedad en equilibrio (CHE).

Un árbol, al ser cortado, comienza a perder humedad y equilibrar aquella con la humedad del medioambiente en el que se encuentre. Se pierde el agua libre, luego el agua higroscópica, pero nunca llega a perder el agua de constitución de manera natural solamente con el uso de hornos de secado. Se dice que una madera es anhidrida cuando ha perdido toda su agua libre e higroscópica.

CAMBIOS DIMENSIONALES

Los cambios dimensionales se producen por la variación del contenido de humedad del elemento, es decir, por la pérdida o ganancia de agua higroscópica. Este cambio dimensional es diferente en las tres direcciones de la madera: longitudinal, tangencial y radial; este fenómeno físico varía dependiendo de la especie de madera o incluso dentro de la misma especie por la edad del árbol o el entorno en el que se desarrolló.

Es indispensable conocer la humedad del elemento y la fecha en el que fue cortado, esto nos permite determinar si todavía está en proceso de cambio dimensional o ya ha encontrado el equilibrio con la humedad del ambiente. También se debe considerar que la madera, al ser un material de procedencia natural, posee características higroscópicas y anisótropas las cuales pueden sufrir alteraciones dimensionales por factores de degradación por el ambiente en el transcurso de su vida útil.

DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO

El peso total de una pieza de madera es la suma entre su masa y el peso del agua contenida. La volumetría se mantiene cuando se encuentra en

estado verde, es decir cuando el contenido de humedad (CH) es menor al (PSF); normalmente cuando se realiza el cortado del tronco comienza a perder humedad y por ende su volumetría disminuye. De tal manera la densidad y el peso de la madera son proporcional a su contenido de humedad.

La densidad es un parámetro variable, se puede determinar una densidad verde, que comprende la relación entre el peso verde y el volumen verde; la densidad seca al aire, comprende la relación entre el peso al aire y el volumen al aire; la densidad anhidra, la relación entre el peso seco y su volumen luego de haber sido secada al horno; y la densidad básica, la relación entre el peso seco al horno y el volumen en verde. Por otro lado el peso específico (pe), hace relación al peso con un contenido de humedad determinado y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera. El (pe) y la densidad al igual que la gravedad específica son equivalentes entre sí, pero el primero antes mencionado no tiene unidades.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Es la cantidad expresada en kilo-calorías por metro por hora y por grado centigrado que un material puede conducir calor a través de su masa. La madera es un material considerado como aislante por sus condiciones de porosidad natural.

“La conductividad térmica de la madera es directamente proporcional al contenido de humedad y a la densidad, Es además de 2 a 2.8 veces mayor en la dirección longitudinal que en la dirección radial o tangencial” (PADT-REFORT/JUNAC, 1984)







Fotografía 06.  
Prácticas de laboratorio-ensayo a flexión

### 2.8.2. PROPIEDADES MECÁNICAS O PROPIEDADES RESISTENTES DE LA MADERA

Al ser un material de estructura fibrosa anisotrópica, presenta varios comportamientos en su capacidad portante según la dirección de las fibras. Éstas se les puede considerar en tres direcciones clasificadas en dos grupos que son, tangencial al grano (longitudinal y tangencial), y la perpendicular al grano (radial).

Las principales propiedades resistentes de la madera son:

#### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA

La madera tiene la capacidad para soportar cargas de esfuerzos máximos aplicados perpendicularmente a su eje longitudinal. La resistencia del material de madera es bastante buena en relación con su densidad; especialmente en las maderas coníferas que son aplicadas para elementos estructurales. Esta propiedad es tomada en consideración cuando el elemento va a trabajar como vigas, viguetas, etc. Entre mayor sea el módulo de elasticidad de la especie utilizada, menor será la capacidad de deformación.

#### Fórmulas de cálculo:

$$\text{Módulo de ruptura (Kg cm}^2\text{)} = \frac{1.5 \times \text{carga máxima} \times \text{luz entre apoyos}}{\text{Ancho probeta} \times (\text{altura probeta})^2}$$

$$\text{Módulo Elasticidad (Kg cm}^2\text{)} = \frac{0.25 \times (\text{Luz entre apoyos})^3 \times \text{CLP}}{\text{Ancho probeta} \times (\text{altura probeta})^3 \times \text{DLP}}$$

Dónde:  
CLP= Carga en el límite proporcional (kg)  
DLP= Deformación en el límite proporcional (cm)

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Es la capacidad que tiene el material para soportar esfuerzos máximos [en N/mm<sup>2</sup>] aplicados por una carga sometida a aplastamiento. Tendrá mayor efecto si el aplastamiento se da a las fibras en sentido perpendiculares que en sentido paralelo. Se le considera un material bueno sometido a cargas de compresión, pero es necesario cuidar la inestabilidad del material por pandeo, causa de la esbeltez del elemento. Es aplicado generalmente para pilares, montantes de muros entramados, etc.

#### Fórmulas de cálculo:

- **Compresión paralela a la fibra**

$$\text{Módulo de ruptura (Kg cm}^2\text{)} = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Ancho probeta} \times \text{espesor probeta}}$$

- **Compresión perpendicular a la fibra**

$$\text{ELP (Kg cm}^2\text{)} = \frac{\text{Carga en el límite proporcional}}{\text{Ancho pieza metálica} \times \text{espesor pieza metálica}}$$

Donde:  
ELP= Esfuerzo en el límite proporcional

#### RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

La madera tiene la capacidad de resistir a esfuerzos laterales aplicados en sentido contrario, provocando un alargamiento de la pieza y una disminución en su sección transversal. Esto sucede cuando el esfuerzo está aplicado paralelo a la fibra, caso contrario la resistencia es nula. Como puede afirmar el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC, La resistencia a la tracción paralela a la fibra es aproximadamente dos veces mayor que la resistencia a la compresión paralela a la fibra.

#### RESISTENCIA AL CORTE O CIZALLAMIENTO

La madera desarrolla una resistencia [en N/mm<sup>2</sup>] a cierta carga cortante, que es aplicada en la superficie de la probeta en forma paralela a la misma. Por su heterogeneidad en la dirección de las fibras, se le considera una relación de tres a cuatro veces mayor la resistencia a cortante perpendicular a las fibras que a cortante paralelo a las fibras.

#### Fórmulas de cálculo:

$$\text{Esfuerzo Máximo (Kg cm}^2\text{)} = \frac{\text{Carga Máxima (kg)}}{5\text{cm} \times 5\text{cm}}$$

### 2.8.3. PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LA MADERA

La madera al ser un material ortotrópico presenta características elásticas representadas en el módulo de elasticidad (MOE), módulo de corte o rigidez (G) y módulo de Poisson.

#### MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE)

Cuando a la madera se le aplica una fuerza, el elemento tiende a deformarse. El módulo de elasticidad define un valor constante que representa la rigidez del material. La relación entre fuerza y deformación, define la elasticidad que puede tener el elemento y por ende la carga máxima que va a poder soportar antes de que la pieza fracase.

#### MÓDULO DE CORTANTE O RIGIDEZ (G)

Las deformaciones o distorsiones que presente la madera, representan el módulo de cortante. Al no tener las fibras en un mismo sentido, existen diferentes valores para cada una de las







direcciones de la madera; el más común se encuentra paralelo a las fibras.

El módulo de cortante presenta una diferencia y variación entre 16 -25 veces inferior al módulo de elasticidad paralelo a la fibra.

#### MÓDULO DE POISSÓN

Es la relación que presenta la madera entre su deformación lateral y deformación longitudinal. Al poseer fibras longitudinales, radiales y tangenciales, contiene seis módulos de Poisson en relación a sus deformaciones. En el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC), se dice que las maderas coníferas para uso estructural varían su valor entre 0.325 a 0.40 de deformación para maderas con densidades de 0.5gr/cm<sup>3</sup>.

#### 2.8.4 OTRAS PROPIEDADES

##### TRABAJABILIDAD

Es la característica de actuar adecuadamente ante cortes o moldeduras mediante herramientas manuales o eléctricas de fácil manejo. Cuando una madera es manejable durante el corte, clavado, cepillado, etc. se dice que posee buena trabajabilidad.

##### DENSIDAD

Al ser un material liviano en comparación con otros materiales de construcción como hormigón o acero, permite el fácil manejo de los elementos ya que su densidad es directamente proporcional al peso. Mientras más densidad posee la especie más resistente y dura se vuelve.

##### DUREZA

Es la resistencia que posee el material para resistir a desgastes, rayados, clavado, etc. Está relacionado con la densidad, contenido de humedad y cantidad y dirección de las fibras que posee.

##### FLEXIBILIDAD

Es la capacidad para ser doblada o curvada en sentido de las fibras sin fracasar por una ruptura. Tienen mayor capacidad de esta propiedad las maderas que poseen menor densidad que las demás maderas con densidad media o alta.

##### DURABILIDAD

Es el tiempo máximo que una madera puede resistir expuesta a diferentes agentes externos especialmente de agentes xilófagos que alteran su comportamiento, esto provoca desgastes en la madera. Cada especie reacciona diferente, ya que esta propiedad depende de: condiciones ambientales o atmosféricas a la que está expuesto y al tipo de especie.

### 3. SISTEMAS ESTRUCTURALES

Los sistemas estructurales en madera aserrada, son el conjunto de piezas de dimensiones normadas que al estar unidas entre sí, permiten ampliar o dar continuidad a un elemento de menor dimensión. Estas se pueden clasificar en estructuras mayores (Si la separación entre apoyos es mayor a seis metros) o estructuras menores (si la separación entre apoyos es menor a seis metros), esto dependerá del formato que presente cada elemento de madera a utilizar en la conformación del elemento estructural. Existen varios sistemas estructurales del cual se clasifican principalmente en:

#### 3.1. ENTRAMADOS VERTICALES

Es el conjunto de elementos de madera de sección pequeña y longitud predominantes generalmente de forma rectangular (barra). Al estar unidas entre si generan un tabique que trabaja principalmente como elemento de carga. Los elementos colocados de forma vertical reciben el nombre de pies derechos, mantienen una separación uniforme uno del otro en un rango entre 40cm a 60cm como distancia máxima de separación. La unión de estas piezas se produce mediante barras horizontales llamadas contra-fuegos, su función principal es unir los elementos y rigidizar la estructura.

#### 3.2. ENTRAMADOS HORIZONTALES

Está compuesto por elementos que trabajan en la construcción de manera horizontal, resisten a cargas a flexión, teniendo en cuenta vigas, entre pisos, cielo raso, etc.



Fotografía 07.  
Sistemas de paneles estructurales de madera



Al generar un entramado estructural horizontal, éste trabaja en conjunto, descargando su peso en los entramados verticales en el caso de elementos de entre-piso, mientras que el entramado de piso, transmite cargas a los cimientos después de recibir el peso total de las cargas vivas y muertas presentes en la estructura.

Estos dos tipos de entramados han ido evolucionando en cuanto a la búsqueda del uso del sistema en diferentes etapas de la construcción, sin perder su función principal ni su conformación, es decir se ha integrado elementos de ajustes o refuerzos para garantizar las condiciones estructurales.

De dichos sistemas se emprende los llamados paneles estructurales, generalmente están compuestos por una estructura interna y un elemento de cierre, la estructura funciona similar a un entramado por la posición de los elementos que lo conforma, mientras que su elemento de cierre actúa como recubrimiento.

## 4. PANELES ESTRUCTURALES

### 4.1. CONCEPTO DE PANEL ESTRUCTURAL DE MADERA

Es el conjunto de elementos especialmente diseñados para soportar cargas aplicadas sobre el mismo. Generalmente son de aplicación en serie, es decir un sistema industrializado dentro de la construcción. Las características físicas y mecánicas del tipo de especie de madera son de gran importancia debido a que su resistencia estará relacionado con sus propiedades, densidad y diseño.

### 4.2. HISTORIA DE LA EVOLUCIÓN DEL PANEL ESTRUCTURAL

Desde los años 90's, en la época de la industrialización, se plantearon diversos intentos de avance en la construcción en madera para el desarrollo y progreso de una técnica constructiva a un sistema constructivo estructural, inspirados en el sistema tradicional.

Un intento de este cambio, lo expresa en la revista Tectónica Konrad Wachsmann, en colaboración con Walter Gropius, entre los años 1941 y 1949; estimulado por los éxitos de la industrialización de los años cuarenta en América, desarrolló de forma industrial, basándose en métodos científicos y con un ingente despliegue técnico, un estudiado y perfeccionado sistema de construcción con madera, un sistema modular de madera denominado General Panel System o sistema general de paneles, pensado para la venta, el transporte y el fácil montaje in situ.

Este sistema está pensado para el diseño de piezas prefabricadas en una producción en serie conformando un trabajo conjunto sin dejar piezas sueltas. Es de gran necesidad combinarlas de diferentes formas obteniendo posibilidades variables. Es un sistema industrializado con previos acabados en fábrica de las piezas; esto no fue de gran acogida al mercado.

Es así que el sistema de platform frame o entramado ligero tipo plataforma, se encuentra en vigencia desde los años cuarenta hasta la actualidad, promocionándose al mercado como alternativa de una técnica.

En el ámbito mundial, especialmente en países donde la madera es una alternativa principal de uso para la aplicación en un sistema constructivo, encontramos paneles estructurales basados en los modelos anteriores, generando modificaciones a un sistema inicial, que parten de un concepto base, como es el entramado ligero. Conformado por una estructura principal y un elemento de cierre, con una gama de alternativas de material de cierre, ya sea por su formato o por su tipo de madera seleccionada. Esto dependerá del uso que se le aplique para mejorar el comportamiento y las propiedades del panel.

### PLATFORM FRAME (ENTRAMADO LIGERO TIPO PLATAFORMA)

Es usado más en la actualidad, están conformados por viguetas que se apoyan sobre una carrera transversal encajada entre montantes de altura máxima de un piso y forman un entramado que va apoyado sobre los extremos de las vigas inferiores de piso. El proceso de construcción es mucho más sencillo, por plataformas, de abajo hacia arriba.

A partir del siglo XIX, después de la experimentación con el entramado pesado tradicional de construcción, en Estados Unidos evoluciona el sistema llamado Light Framing o Entramado ligero, permite un mejor manejo del sistema; cada elemento de conformación del panel no actúa de manera sola, si no en conjunto formando un todo estructural.

### 4.3. TIPOS DE PANELES ESTRUCTURALES

#### 4.3.1. ENTRAMADO LIGERO (LIGHT FRAMING)

Sistema utilizado desde años atrás para facilitar y alivianar la construcción en madera, aprovechando las propiedades de manera óptima. Está compuesto por tres elementos principales que forman el sistema, estos son:

Estructura de entramado + cerramiento + revestimiento = panel de entramado ligero.

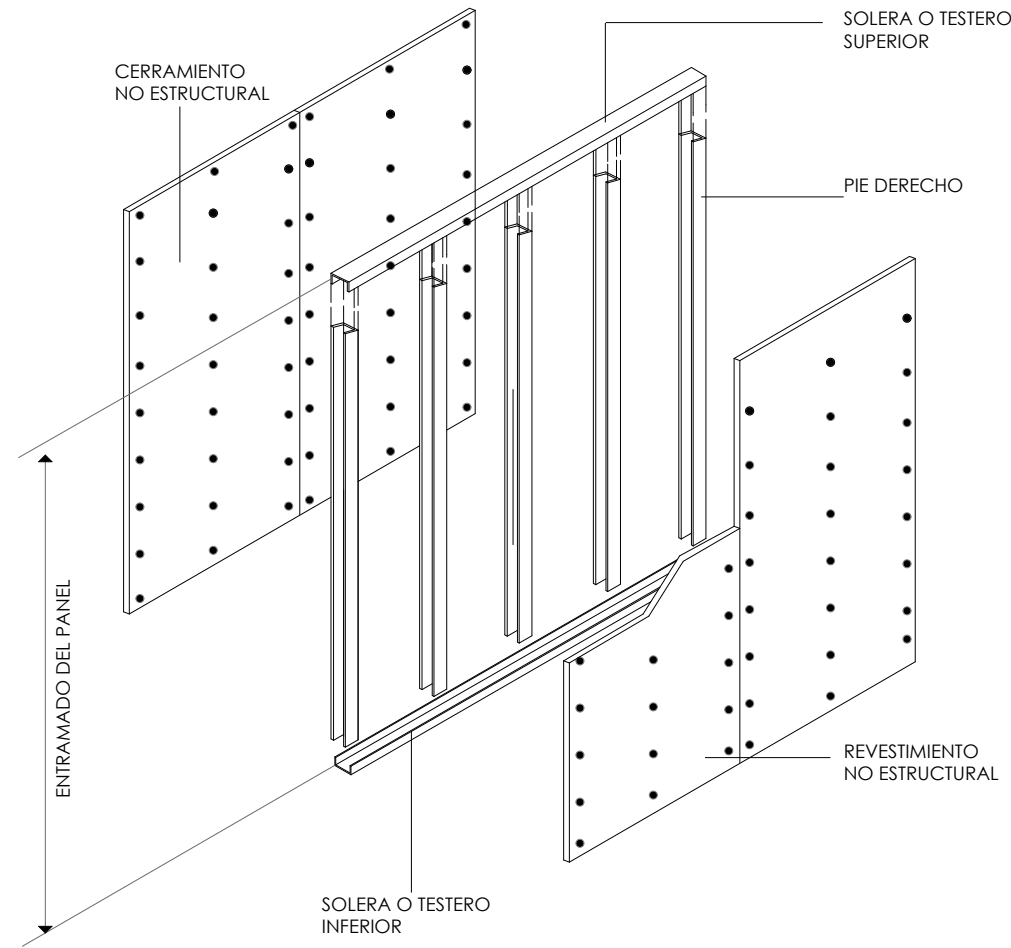
La revista Tectónica lo conceptúa de la siguiente manera: *"Es un sistema que no diferencia entre elementos de carga o de cierre. Funcionan como una estructura espacial, formada por planos portantes en las tres direcciones principales, contruidos a base de piezas de pequeña escuadría muy próximas entre sí. Las uniones son muy sencillas, con clavos o grapas"*.

El sistema está encaminado especialmente a líneas generales, como son los muros de cierre ya sean exteriores o de división interior, se los realiza de manera normalizada y modular.

Este panel estructural está constituido por tres elementos principales como se presenta a continuación de manera jerárquica:







**Figura 07.**  
Detalle Constructivo Sistema Plataforma o Sistema Americano

### ENTRAMADO (PIES DERECHOS VERTICALES Y TESTEROS HORIZONTALES)

Es una estructura conformada principalmente por elementos en forma de barra, es decir un predominio del largo por sobre la sección de barra; al momento de unirse, constituyen un solo cuerpo estructural, son capaces de recibir y resistir cargas verticales. Los montantes deben estar separados aproximadamente uno del otro a una distancia de 40cm, 60cm o 62,5cm.

### CERRAMIENTO

De este sistema se realizan con tableros laminados de dimensiones estándar de 1,22m X 2,44m derivados de la madera, o también se puede colocar un entablado transversal o diagonal permite mayor estabilidad. Se puede cerrar a un lado o a los dos lados a la vez, permite la amplia combinación de material en las dos caras del sistema dependiendo las necesidades.

### REVESTIMIENTO

Este último elemento es opcional depende del acabado final que se desee; puede ser de la misma madera, otros materiales o sustancias que recubran al material dando un nuevo aspecto.

Este sistema se ha modificado desde años atrás siendo la base principal, alterando sus elementos de acuerdo a las necesidades mediante distintos materiales o similares para mejorar sus propiedades. Según una investigación en 2009, Panes clasifica a la tipología constructiva en dos grupos: sistemas en base a tabiques macizos y sistemas en base a entramados.

### 4.3.2. SISTEMAS DE TABIQUE MACIZO

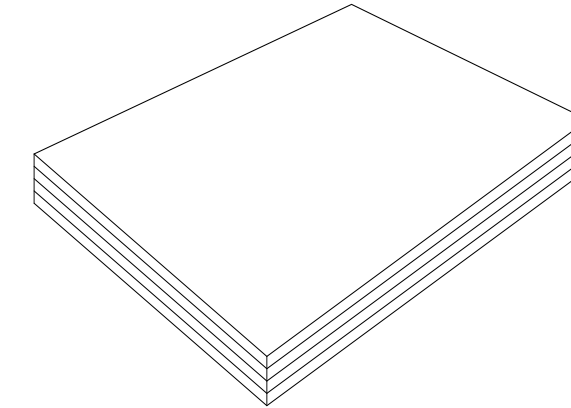
La resistencia y la estabilidad de estos elementos se alcanzan por el volumen de masa que contiene cada uno de ellos. "Las unidades estructurales de este sistema puede poseer elementos lineales o placas, las cuales constituyen el 100% del volumen del tabique, ya sea en forma de rollizo, vigas, tablas o placas" (Panés, 2009, P.11). Generalmente se adquiere de rollizas o madera de sección rectangular, potenciando las propiedades de la madera como térmico y acústico debido al espesor en el que se utiliza los elementos en este sistema.

### PANEL O PLACA

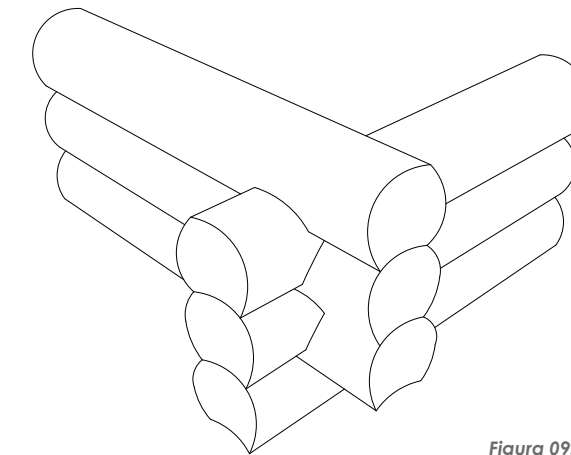
El sistema se desarrolla en función de la composición de tres o cinco capas de elementos lineales como placas prefabricadas MDF, OSB, contrachapados (plywood, triplay o madera terciada), o aglomerados (serrín, virutas y fibras similares); que son unidas con adhesivos. La dirección de las placas se debe colocar en un mismo sentido. Son unidas con adhesivos. La dirección de las placas se debe colocar en un mismo sentido. Ver figura 08.

### ROLLIZOS

Es un tipo de panel conformado por troncos de madera de sección cilíndrica antes de ser aserrada, su proceso de construcción es mediante la colocación de los elementos uno encima de otro en sentido longitudinal, es decir de forma horizontal. Pueden estar presentes en estado natural, cilindrados, machihembrados o laminados; la resolución de los encuentros entre los elementos del sistema pueden ser a media madera o mediante pilares. Ver figura 09.



**Figura 08.**  
Sistemas macizo: Panel o placa



**Figura 09.**  
Sistemas macizo: rollizos





### PANELES Y BLOQUES HUECOS

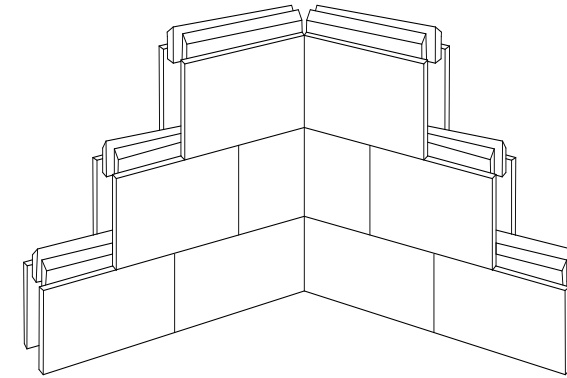
Esta compuesto principalmente por un volumen semejante a un ladrillo. Su ensamblaje se realiza mediante montantes interiores, dejando cavidades que posteriormente seran rellenas con un material aislante. El proceso de instalación se realiza con la misma metodología que un sistema de albañilería en madera. Ver figura 10.

### CONTRACHAPADO DE TABLAS HORIZONTALES

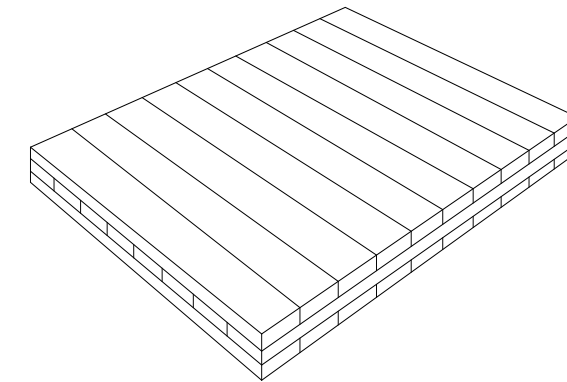
El sistema consta de la sobre posición de elementos en formato tabla, colocando alternadamente de una manera que la posicion del elemento varie, es decir, colocado perpendicularmente en relacion al elemento anterior. Dependiendo del espesor de la tabla, el panel puede obtener dimensiones de 2,5cm y 4cm. Ver figura 11.

### TABLAS

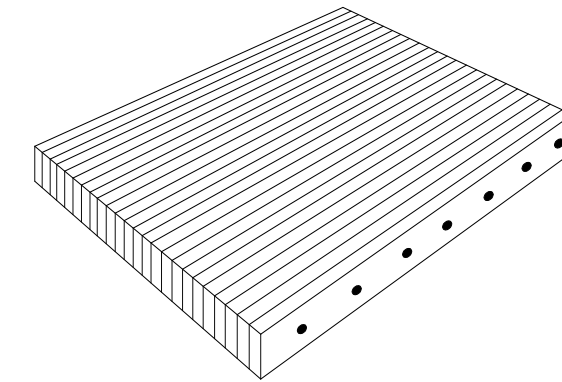
Este sistema se resuelve mediante unidades estructurales en formato tabla, su proceso constituye la colocación del elemento cara a cara con el elemento contiguo homólogo, los cuales al unirse conforman un solo volumen que es el panel. Dependiendo el elemento de unión que se utilice, ya sea clavo, tarugo, encolada u otro elemento, el panel gana mayor resistencia y mayor espesor. Este sistema puede lograr dimensiones desde 30cm hasta 60cm de ancho, utilizados en el sistema estructural como tabiques o losas. Ver figura 12.



**Figura 10.**  
Sistemas macizo: Bloques huecos



**Figura 11.**  
Sistemas macizo: Contrachapado de tablas horizontales



**Figura 12.**  
Sistemas macizo: Tablas





#### 4.3.3. SISTEMA DE ENTRAMADO

Se desarrolla en función de la unión de elementos de barra, en el cual predomina la dimensión largo sobre la sección, estos pueden ser pilares, postes, pies derechos, etc. Es muy común que se resuelva en dos partes, la estructura y el cierre o revestimiento.

A este sistema de entramado se le puede clasificar de la siguiente manera según su forma de colocación de los elementos al momento de estructurar:

##### TIMBER FRAME O SISTEMA PESADO

Es un sistema de armadura estable, es el más común y el más utilizado en la construcción, está compuesto de un conjunto de elementos portantes siendo estos verticales, horizontales y diagonales que trabajan como muros portantes. Se construye sin refuerzos ni uniones auxiliares como clavos, tornillos, pernos, etc. Las uniones se generan por ensamble desde las más básicas o simples (encuentros de dos elementos), hasta uniones complejas donde se generan encuentros de varios elementos en un mismo punto; en estos casos se debe controlar los esfuerzos a los que el elemento se está trabajando para evitar alguna falla en el sistema. Ver figura 13.

##### SISTEMA DE PLATAFORMA

Este sistema es semejante al Americano. Se diferencia del anterior por tener sus elementos estructurales conformados por medio de montantes o pilares de sección menor; se les puede colocar con una separación de 40 o 60cm. La estructura se arriestra mediante elementos verticales como placas, generando un sistema conjunto. Ver figura 14.

##### SISTEMA AMERICANO

Se estructura mediante montantes de 5,08x7.62cm o 5,08x12.70cm, colocados con una separación de 40cm a 60cm una de otra. El sistema de arriostamiento vertical es mediante clavos que le permiten un anclaje con la solera superior e inferior; y el arriostamiento horizontal es mediante diagonales que genera una triangulación en el conjunto y no permite un movimiento o deformación en caso de que existiera fuerzas laterales que empujaran al elemento; las diagonales mantienen rígida a la estructura. Ver figura 15.

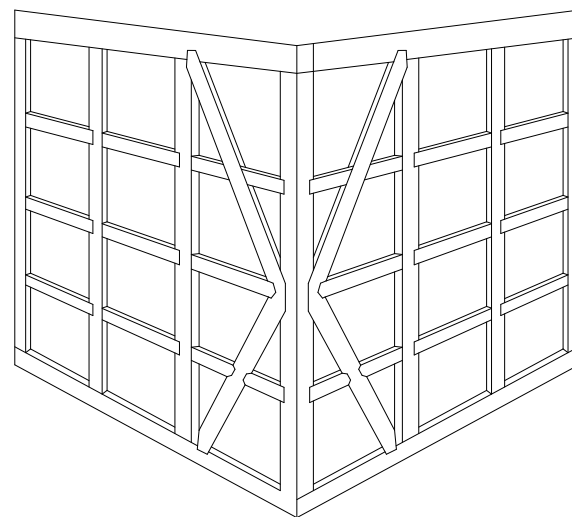


Figura 13.  
Sistema Timber Frame

##### SISTEMA PLATAFORMA

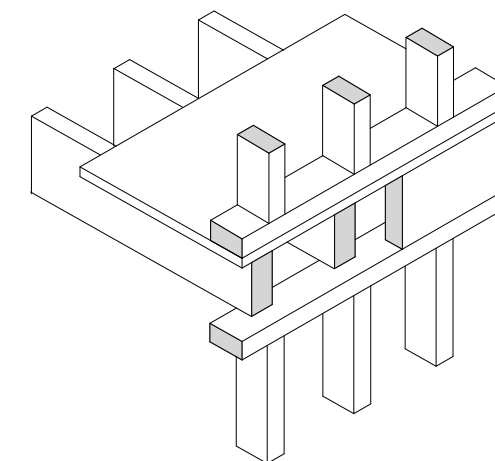
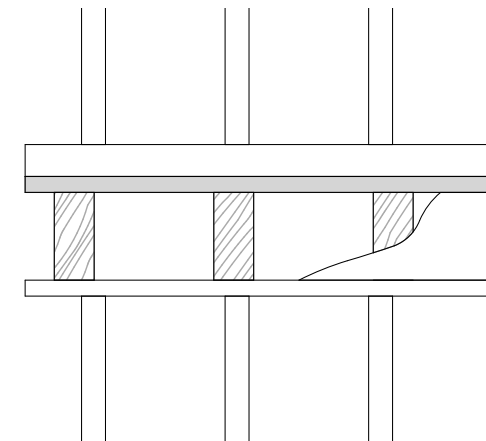


Figura 14.  
Elevación y Perspectiva del sistema Plataforma

##### SISTEMA AMERICANO

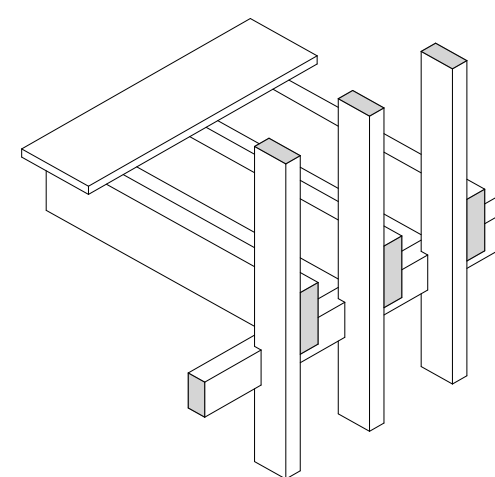
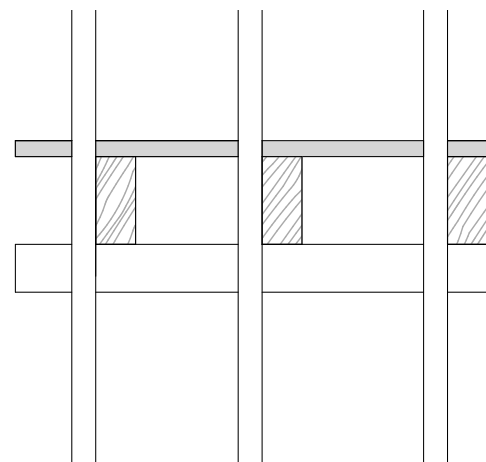


Figura 15.  
Elevación y Perspectiva del sistema Americano





TIPO DE PANELES OBTENIDOS DE LA EXPERIMENTACIÓN CON EL GRUPO IN\_LAB 2015



Fotografía 08. Panel madera copal 8mm



Fotografía 09. Panel estructural MDF 4mm



Fotografía 10. Panel plywood 4mm



Fotografía 11. Panel madera copal 10mm

4.4. EXPERIMENTACIÓN DE PANELES ESTRUCTURALES CON MADERA PREFABRICADA

El laboratorio de producción y fabricación de sistemas y prototipos, basados en la innovación generada por la investigación aplicada y asociados a la producción arquitectónica y la sostenibilidad (In. Lab Cuenca), han realizado un análisis y experimentación, basada en la fabricación de paneles estructurales de madera prefabricada y madera aserrada en formatos lineales de menor espesor: tableros y tablas.

El elemento lineal al ser colocado de una manera estratégica y al trabajar en conjunto mediante uniones con empalmes o trabas. Estos paneles actúan como un solo cuerpo estructural de tal forma que pueda distribuir y soportar cargas aplicadas a la misma. Se realizaron alternativas de diseño, experimentando a tamaño maqueta y a escala real, el cual con el asesoramiento y verificación de profesionales con conocimiento en diseño y en estructuras; se comprobó la eficiencia en su resistencia, funcionamiento y economía. Ver tabla 11.

Al culminar con el proceso de elaboración y comprobación de la resistencia que estos paneles lograron soportar, se tiene como resultado que los paneles con madera aserrada son más eficientes al momento de resistir cargas aplicadas. El prototipo o panel puede resistir al rededor de 391kg hasta su ruptura. En cuanto a la economía del prototipo, dio como resultado que al construir con madera de encofrado, su costo bajaba hasta \$6,00 con un formato de panel de 2mx0.90m se elaboró con material de madera de encofrado, siendo la más económica en el mercado.

En los gráficos anteriores podemos observar los modelos de paneles y los resultados obtenidos mediante las pruebas de aplicación de carga vertical.

CUADRO DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PANELES ESTRUCTURALES IN-LAB CUENCA 2015										
TIPO DE PANEL	ESCALA	DIMENSIONES (cm)		PESO (kg)		MATERIAL		PESO A ESCALA	OBSERVACIONES	CORRECCIONES
		MAQUETA	REAL	MAQUETA	REAL	REAL	MAQUETA			
1. Panel: MDF Pelikano 2,44x2,135x4mm	1:02	h:107 cm a:30,5cm e:12,5cm	h:213 cm a:61cm e:25cm	-1kg	1 kg	MDF 4mm	Cartón gris 2mm	12,1kg	Falla en el punto tangente de las curvas Refuerzo + 10kg	En el punto tangente
2. Playwood Pelikano 2,44x1,22x4mm	1:04	h:60 cm a:36 cm e:0,1cm	h: 220cm a:144cm e: 0,4 cm	-1kg	1 kg	Playwood 4mm	Cartón maqueta 1mm	10,08kg	Falla en los cortes	En los cortes soporte extremo
3. Playwood Pelikano 2,44x1,22x4mm	1:02	h:69,7cm a:25,5cm e:0,15cm	h: 181cm a: e:0,4cm	-1kg	1 kg	Playwood 4mm	Cartón maqueta 1 mm	1kg	Se flejó en el centro	Cambiar el sentido de la curva
4. Playwood 2,44x1,22x0,004	1:04	h:52,5cm a:15cm e:7,5cm	h:210cm a:60cm e:15cm	-	-	Playwood 4mm	Cartón gris 1mm	4,2kg	Uniones módulo por módulo	Uniones
5. Madera aserrada Copal	1:02	h:40cm a:20cm e:0,4cm	h:80cm a:40cm e:0,8cm	-1kg	-	Madera: Copal 10mm	Cartón 4mm	60kg	Corte del material	Dirección de las fibras
6: 15mmx2,7mx0,21m	1:01	- - -	h:200cm a:60cm e:0,5cm	6,7kg	6,7kg	Madera de encofrado de 5mm	Madera de encofrado de 5mm	391kg	Destajes	Destaje
7. Madera aserrada Copal	1:02	h:0,6cm a:0,21cm e:0,12cm	h:120cm a:42 cm e:24cm	-	-	Aserrada: Copal 8mm	Cartón 6mm		Mitad del módulo	Uniones
8. Madera aserrada Laurel de la costa	1:1/1:2	h:62,5cm a:32,5cm e:7,5cm	h:200cm a:75cm e:15cm	1kg	8,9kg	Laurel de la costa, 7mm	Playwood 3mm	303,8 kg	Uniones / ranuras	Cortes y uniones

Tabla 11. Resultado de resistencias del panel estructural In-Lab/2015





#### 4.5 VENTAJAS DE PANELES ESTRUCTURALES DE MADERA A LA VIVIENDA

Los paneles de madera al ser un sistema con material natural en bruto, presenta características especiales que ayudan y facilitan en el momento de selección y elaboración del panel. Como ventajas que proporciona la construcción de paneles de madera durante la obra son las siguientes:

##### RAPIDEZ

La madera al ser un material de menor peso específico que otros materiales como es el hormigón el acero; facilita el manejo y el montaje del material con menor mano de obra. Por lo que se clasifica como un sistema más rápido de construcción y no se necesita herramienta pesada para su elaboración y montaje.

En caso de un cambio o ampliación, es de fácil adaptación del sistema y material. Es una construcción seca, poca mano de obra y tiempo reducido de construcción en comparación de otros sistemas.

##### RESISTENCIA A LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS

El Ecuador es un país muy propenso a los movimientos de tierra por estar ubicado al lado occidental del continente y ser ésta una zona activa de la placa de Nazca, zona donde se generan terremotos de gran escala. Otra razón es la Cordillera de los Andes que pasa por nuestro país, las fallas son resultado de la existencia de cortezas frágiles las cuales provocan los movimientos sísmicos. Las construcciones de madera tienen un buen comportamiento ante movimientos sísmicos, ya que el material de madera tiene la propiedad de flexibilidad que favorece al momento de sufrir algún movimiento.

##### FLEXIBILIDAD

Al hablar de flexibilidad se refiere especialmente al diseño arquitectónico; por lo general el panel estructural soporta toda la carga sin necesidad de pilares o columnas como estructura auxiliar; es por esto que los espacios interiores quedan libres para un mejor manejo del espacio o flexibilidad de uso dependiendo los requerimientos del usuario.

##### EFICIENCIA ENERGÉTICA

La madera como materia prima, es un recurso natural renovable que tiene propiedades de aislamientos naturales que reducen el porcentaje de desperdicio de energía y facilita el aislamiento térmico manteniendo los espacios internos de na edificación en condiciones de confort.

##### BAJO COSTO DE CONSTRUCCIÓN

Es una construcción en seco donde el desperdicio es mínimo y se le puede considerar mediante la experiencia con un intervalo de un 5-15% de menor costo que una construcción tradicional en material de ladrillo. Además sus costos se reducen extensamente al ser una construcción que no requiere de mano de obra calificada.

#### 4.6 DESVENTAJAS DE PANELES ESTRUCTURALES DE MADERA A LA VIVIENDA

Al ser un sistema de gran ventaja para el uso como sistema constructivo de una edificación, es importante mencionar ciertas desventajas que se puede presentar por mal uso o mala aplicación del sistema.

##### DISEÑO

Es un sistema que permite el fácil montaje, lo cual es necesario que los detalles constructivos que se le aplique al diseño sean correctamente funcionales y de manejo eficiente capaz de que uno o máximo dos personas puedan construir, transportar y montar el elemento.

##### DESPERDICIO DEL MATERIAL

El desperdicio del material es un factor de alza de costo en el desarrollo del sistema; es necesario que para el uso de sistemas de paneles, se mantengan una coordinación modular correcta, controlando las dimensiones durante la fabricación de cada elemento.

##### USO DE ELEMENTOS

Los sistemas de paneles utilizan elementos seriados para disminuir el costo de la construcción incluyendo al proceso maquinaria de precisión para generar la prefabricación. Para lo cual es recomendable diseñar el mínimo posible de piezas.



Fotografía 12.  
Montaje de sistema de paneles estructurales





Fotografía 13 y 14.  
Elementos prefabricados de Madera

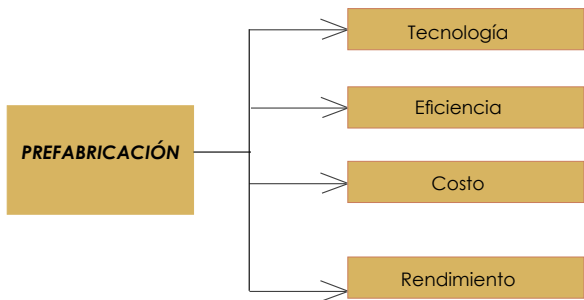


Figura 16.  
Ventajas de un sistema prefabricado

## 5. LA PREFABRICACIÓN DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN

La prefabricación nace en épocas de la revolución industrial a comienzos del siglo XIX. Es un sistema de construcción basado en la elaboración de elementos industrializados, es decir seriados como piezas individuales para ser montados en situ, se evita y se elimina desperdicios que generalmente sucede cuando son elaborados en obra. La rapidez de su elaboración conlleva a la eficiencia, mejora de la calidad y seguridad del producto, disminuyendo costos según aumente la actividad productora.

Con la práctica de uso de este sistema en la construcción de los países desarrollados donde se inicia la prefabricación, se especifica que las piezas deben ser unificadas, es decir que el elemento prefabricado contenga el menor número de piezas posibles el momento de su armado.

El proceso en obra, al adquirir los elementos prefabricados, se resume en un montaje ágil y fácil de tiempos reducidos, lo que ayuda en la disminución del capital a usar. Además las piezas mantienen una exactitud y precisión generado una eficiencia en el terminado y ahorro con relación a costo-tiempo. Una de las ventajas que tiene este sistema es que no se necesita mano de obra especializada para el montaje en situ, el uso del material es controlado con cero desperdicios y su ejecución de elementos es continua.

Como parte del proyecto se tiende a generar un sistema semi-prefabricado, es decir un proceso que sea industrializado pero no en su totalidad ya que las piezas y el armado del panel son hechas en fabrica más los elementos de viga y uniones son generados en industria y su armado en situ.

## 6. ESTÁNDARES DE DIMENSIONAMIENTO DE LA MADERA

La estandarización de elementos para la construcción puede ser un limitante para el diseño arquitectónico, sin embargo, las distintas dimensiones de piezas obtenidas del tronco están normalizadas de manera que genere el menor desperdicio posible y a su vez, los precios también llegan a un promedio entre puntos de acopio permitiendo así al constructor tener una base de costos muy precisa.

### 6.1. COORDINACIÓN MODULAR:

La coordinación modular es de gran importancia dentro de la construcción, permitiendo el fácil manejo de las dimensiones tanto del material como de los espacios de diseño arquitectónico. Esta se aplica tanto para la estructura como para elementos de cierre conjugando entre si y manteniendo una relación de combinación adecuada, evitando desperdicios en el material.

El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC), explica la coordinación modular de la madera en función a sus dimensiones generando un módulo base que fue aplicado mediante normas de varios países, siendo este de 100 mm. Del módulo base se puede trabajar con sub - módulos o módulos de crecimiento que son abstraídos por múltiplos del módulo base (Ver gráfico 17).

### 6.2. DIMENSIONES COMERCIALES Y REALES

Es preferible trabajar con materiales con formatos establecidos para beneficio de la comercialización, de esta manera se puede estandarizar también los precios y parámetros dimensionales dentro de un proyecto arquitectónico que a su vez beneficia a su economía. En el caso de la madera lo que se busca es aprovechar al máximo el material obtenido del tronco. Según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino se ha establecido las llamadas secciones preferenciales, en donde se han tomado en cuenta los siguientes factores:

- Eficiencia de las formas estructurales.
- Adaptabilidad al mercado actual.
- Facilidad de obtención de unas a partir de las otras.
- Satisfacer la necesidad de contar con un número adecuado de escuadrías para construcción de viviendas y construcciones pequeñas que pueden normalizarse a través de la aceptación de los propios usuarios.

En nuestro país se ha creado el Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 2580 vigente desde el año 2011, en el cual definen los formatos y nombres comunes de las piezas utilizadas en la construcción como elementos estructurales.

Los formatos definidos no siempre suelen ser exactos ya que los puntos suministro (venta) reciben la madera rolliza y estos luego se encargan de realizar el seccionamiento para los diferentes usos en la construcción, basándose en los rangos permitidos mediante la norma aplicada.

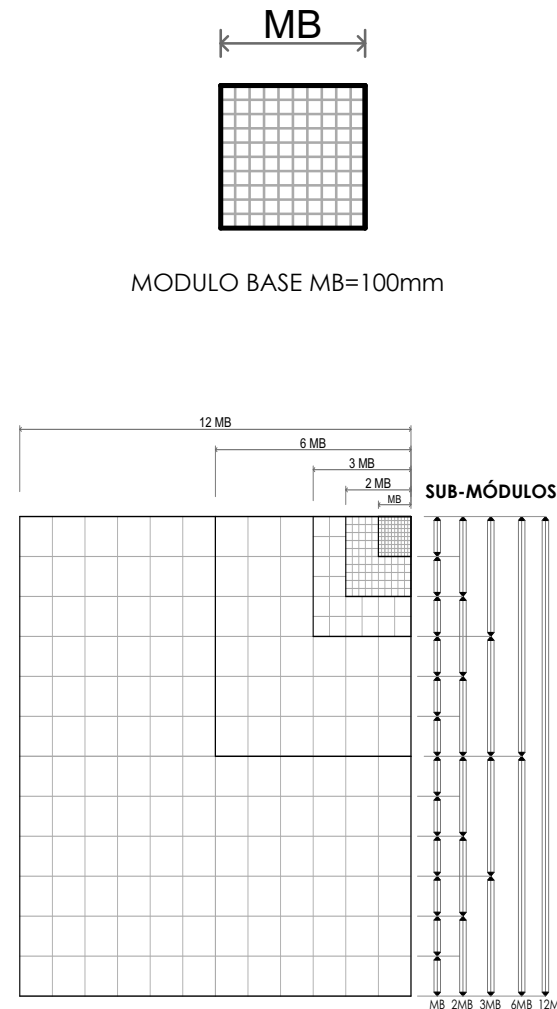


Figura 17.  
Coordinación modular de la madera / módulo base

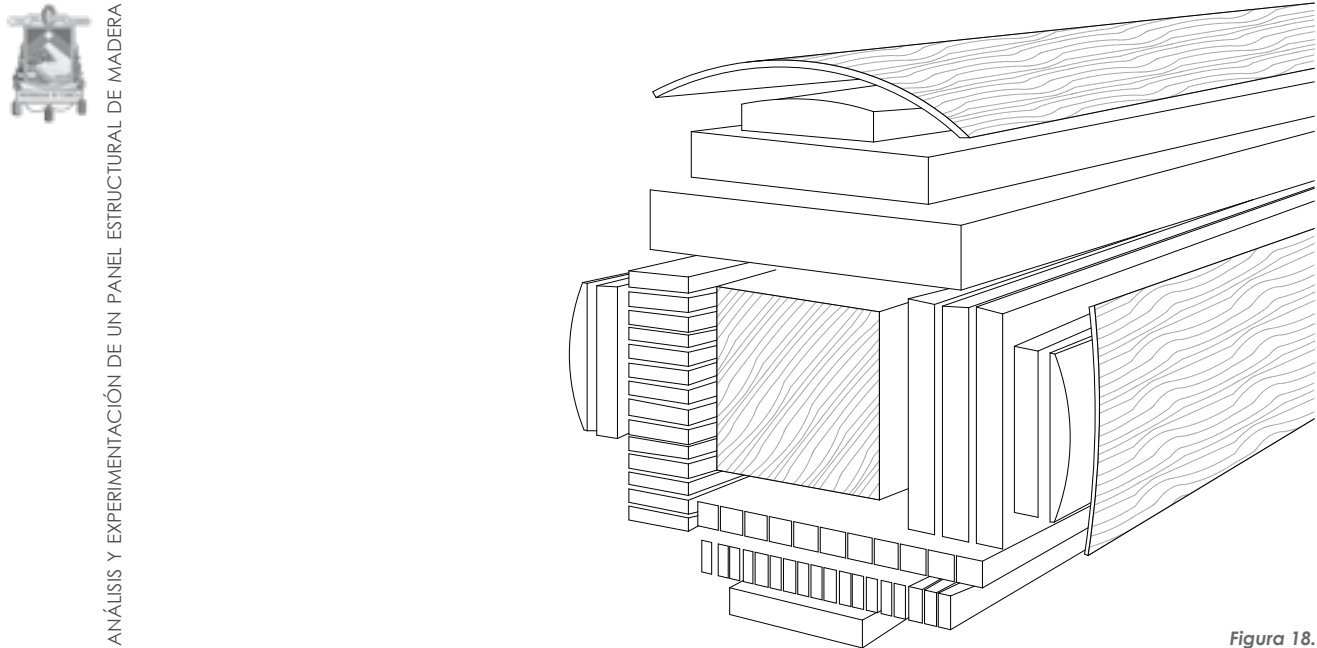


Figura 18.  
Patrón de corte de la madera aserrada

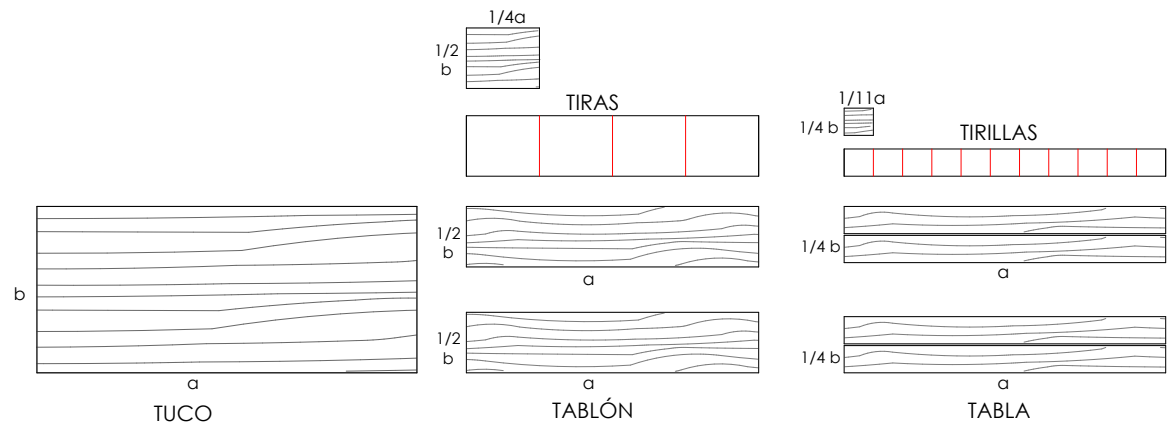


Figura 19.  
Escuadría de madera aserrada

El desbaste que deja el corte y el cepillado en el aserrío disminuye las secciones considerablemente, produciéndose variaciones milimétricas en cualquiera de sus secciones ya sean longitudinales, tangenciales o radiales.

En la figura 18, podemos observar un tipo de patrón de corte de uso de los aserraderos, para la división de las piezas capaz de reducir desperdicios y aprovechar en su totalidad el uso del tronco desde su capa exterior (corteza), hasta su capa interior (médula).

Las subdivisiones que se generan a partir de los cortes mantienen una relación directa entre sus dimensiones, se debe a que para maderas de uso estructural y se parte de una pieza que pueda generar escuadrías del cual se abstraen las piezas consiguientes como se puede explicar en la figura 19.

En la construcción para el uso de elementos estructurales la derivación de piezas parten de un tucó que se encuentra en estado apropiado para uso estructural, es decir, mediante el cepillado y dimensionado se puede obtener cualquiera de estas combinaciones siguientes: dos tablones, cuatro tablas, ocho tiras o 44 tirillas. Es así como se genera la relación dimensional entre los elementos en la construcción.

Estas combinaciones dimensionales estandarizadas de las piezas de madera para la construcción se logra con la aplicación de la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 2580 *Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*, la cual se aplica para todo el comercio maderero activo en nuestro país, con la finalidad de unificar la nomenclatura y las dimensiones a pesar de que no se cumple estrictamente por razón que depende del grosor del tronco del que se extrae. Ver tabla 12.

NOMBRES DE LAS PIEZAS Y DIMENSIONES COMERCIALES

TIPOS DE ESCUADRÍAS	ESPESOR (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	TIPOS DE ESCUADRÍAS	ESPESOR (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)
CUARTONES	0.250	0.25	3.00	TABLA	0.025	0.20	5.00
		0.20	4.00				4.00
							3.00
							2.50
PUNTALES	0.075	0.20	4.00	DUELA (TABLILLA)	0.025	0.20	2.50
			3.00				
PUNTALILLOS	0.100	0.10	4.00				
			3.00				
TIRAS	0.025	0.02	4.00	TABLÓN	0.050	0.15	5.00
			3.00			0.20	4.00
			2.50			0.20	3.00
						0.20	2.50
CUERDAS	0.075	0.12	4.00	TABLONCILLO	0.050	0.15	4.00
			3.00			0.15	2.50
			2.50	VIGA	0.100	0.20	8.00
LISTONES	0.040	0.04	4.00			0.20	7.00
			3.00			0.20	6.00
			2.50			0.20	5.00
						0.20	4.00
TUCOS	0.100	0.15	3.00			0.20	3.00
			2.50			0.20	2.50
				BLOQUES (PILARES)	0.150	0.15	2.50
DURMIENTES	0.200	0.20	2.00			0.14	2.50

Tabla 12.  
Nombre de las piezas y dimensiones más comunes utilizadas en el mercado.





Fotografía 15.  
Junta Machihembrado simple



Fotografía 16.  
Junta Machihembrado



Fotografía 17.  
Junta reforzada con clavijas

## 7. SISTEMAS DE UNIONES EN PIEZAS DE MADERA

En consecuencia de la necesidad y la limitación de las dimensiones o formatos que se encuentra en el mercado de las piezas de madera aserrada, se genera la necesidad de aumentar el tamaño por medio de uniones entre maderas o por medio de elementos auxiliares metálicos que ayuden a la fijación de las piezas pudiendo ser estas tornillos, clavos, pernos, platinas, zunchos, bridas, etc.

Existen tres tipos de uniones que pueden ser: irreversibles (no pueden separarse o ser desmontadas, son uniones fijas); reversibles (puede ser desmontable pero no asegura su montaje posterior); y desmontable ( puede ser desmontable y asegura la reiteración posterior de montaje). En esta clasificación podemos diferenciar tres tipos de uniones que son: juntas, ensambles y empalmes.

### 7.1. UNIONES POR JUNTAS O ACOPLAMIENTOS

Es el resultado de la unión de canto o cara de dos o más maderas entre si con la finalidad de ensanchar o agrandar las dimensiones o formas de piezas difíciles de obtener.

Se diferencian en dos grupos:

Uniones simples: unión de la madera por encolada previamente cepillada. La resistencia de esta unión está presente en las propiedades de la madera y la fuerza de la cola o pegamento aplicado.

Uniones reforzadas: unión de la madera por presencia de ranuras, destajes, tarugos, tornillos, etc.

- **Junta plana o tope**

Es un sistema poco resistente ya que depende del grosor o espesor de los elementos de madera a unir y a la resistencia de la cola o pegamento aplicado.

- **Junta plana ranurada y lengüeta**

Esta junta es más resistente que la anterior, presenta un elemento extra de madera que sobresale, se genera el momento del cepillado. La unión se forma cuando esta lengüeta ingresa en una ranura realizado el momento del cepillado del elemento; deberá estar colocado en dirección transversal para que las fibras contrarresten la fuerza el momento de unir las piezas.

- **Junta plana unida mediante doble cola de milano**

Uno de los primeros sistemas que se utilizó para la unión de piezas, ensanchando así la madera mediante una pieza llamada llave que es insertada y unida con más elementos por su canto o testa. Se puede encontrar en mobiliarios u objetos antiguos.

- **Junta por machihembrado**

Es una junta compuesta por una lengüeta (macho) y una ranura (hembra) de profundidad en dimensiones semejantes a la lengüeta, esta presenta varias formas que se han utilizado con mayor frecuencia en la carpintería.

- **Junta en ZIG-ZAG**

Se utiliza para generar una unión que evite el desplazamiento lateral de los elementos; consiste en realizar un corte inclinado en las piezas con una maquina llamada tupí y posteriormente a una encolada aumentando la resistencia en la unión.

- **Junta plana rayada**

Es el resultado de un rayado con un cepillo sobre la sección de unión, permitiendo una mejor adherencia según la profundidad realizada en el rayado.

- **Junta plana o a tope reforzada con clavijas**

Es una junta que en su interior se colocan clavijas de madera de diferente textura y tamaño, estas variaran según la resistencia o la adherencia que se quiera conseguir como resultado final.

### 7.2. ENSAMBLES

Se le considera ensamble a la unión de tablas enlazadas entre sí, se les puede emplear elementos de fijación como grapas, clavos, adhesivos, etc. Generalmente se utiliza este sistema en muebles y estructuras.

- **Ensamble a media madera en cruz**

La unión de estas piezas son mediante cortes a media madera de profundidades menores permitiendo mejor resultado, el sistema de corte en cruz permite un estancamiento horizontal evitando así la rotación de las piezas.

- **Ensamble a media madera**

Es el resultado de la unión de dos piezas entalladas a media madera en la cual se asientan las piezas la una sobre la otra, generando encuentros generalmente perpendiculares tanto en esquinas como en "T".

- **Ensamble de palma o entalladura**

Es un sistema que resiste a esfuerzos sometidos a flexión resuelto en piezas a media madera y unidas en forma de "T", asentada la una sobre la otra.

- **Ensambladura por madera superpuesta**

Se le conoce como sistema de ensamble, pero su unión es producto de contacto y fijación de los elementos por medio de clavos, tornillos, clavijas, etc, usando también pegamentos para reforzar la unión y aumentar la resistencia.



Fotografía 18.  
Ensamble



Fotografía 19.  
Ensamble a media madera



Fotografía 20.  
Ensamble caja y espiga





### 7.3. EMPALMES

Se le llama empalme a un ensamble que tiene la finalidad de prolongar la madera en su sentido longitudinal. Es más común ver este tipo de uniones en el uso en elementos de construcción, debido a los formatos de los árboles, en algunos casos no cubren con las dimensiones necesarias. Estos pueden trabajar de canto y cara dependiendo la necesidad requerida y al esfuerzo resultante aplicado sobre el elemento ya sea por tracción o compresión. Existen tipos de empalmes según su composición y aplicación:

- **Empalme a tope con brida**

Es un sistema con los mejores resultados de empalmes; se resuelve uniendo la madera con bridas en sus cuatro lados, de una manera capaz de incrustar los extremos de las bridas en la madera en forma de angulo recto, estas estarán sujetas a la pieza por medio de elementos de fijación como tornillos colocando de una manera simétrica sobre el área de unión. El espesor de la placa de hierro define la resistencia que el empalme podrá soportar.

- **Empalme Zuncho**

La unión se resuelve mediante la aplicación de elementos de hierro llamados Zunchos, su función es ajustar, reforzar y rigidizar la unión de la madera. Este elemento en estado frío presenta dimensiones inferiores a las piezas de unión, con la finalidad que al calentar el hierro y en presencia del calor tiende a expandirse facilitando la colocación en la pieza de madera. Después de enfriarse el hierro, tiende a contraerse hasta llegar a sus dimensiones iniciales comprimiendo las piezas de madera hasta lograr el empalme.

- **Empalme a media madera**

Consiste en la unión de dos piezas por medio de destajes de la mitad de la madera, la cual va a ser empalmada colocando una sobre otra, es necesario elementos de fijación ya sea por medio de pernos, clavos, tornillos, etc. Esta unión presenta buen comportamiento ante esfuerzos de compresión, mientras que a esfuerzos de flexión dependerá del área de corte por destaje de la madera, es decir, mientras más sea el área de unión mejor es su comportamiento.

- **Empalme a media clavija**

Soporta principalmente esfuerzos a compresión y presenta un mal comportamiento a flexión y pandeo, su resistencia depende del tipo y la dureza de la madera utilizada en la clavija. Es más usada para elaborar mobiliarios o elementos de piezas pequeñas.

- **Empalme a media madera con testa en sesgo**

Se asemeja a la unión anterior presentando mejoras de comportamiento. Su área de destaje es mayor para aplicar mas elementos de unión (tornillos, pernos, clavos, etc). Además se efectúa un corte biselado para ganar mayor resistencia ante esfuerzos laterales (flexión).

- **Empalme con una espiga roscada**

Es un sistema de unión que se utiliza para elementos desmontables de fácil aplicación, consiste en la unión de una espiga torneada que ingresa en el agujero de la otra pieza a empalmar. Para esta unión se elimina en su totalidad el uso de elementos auxiliares como clavos, tornillos, pernos, etc.

- **Empalme a horquilla**

Es un empalme de propiedades resistentes a esfuerzos; consiste en realizar cortes en la madera que no deberán ser mayores al tercio del espesor total del elemento de madera utilizada. Para la prolongación de elementos cortos es recomendable usar empalme de horquilla simple; para elementos de prolongación mayor se deberá utilizar empalme de horquilla doble para mayor fijación.

- **Empalme a espiga cuadrada**

Es una unión que resiste a esfuerzos de compresión y torsión, es el resultado de unir una espiga cuadrada de dimensiones considerables con la mortaja de la pieza a unir. Dependiendo de las dimensiones de la espiga el elemento podrá fallar a esfuerzos de flexión.

- **Empalme a dientes triangulares**

Este sistema tiene la función de actuar ante esfuerzos de flexión, esto depende del comportamiento y ajuste en los pegamentos utilizados en la unión.

Para que la unión actué ante esfuerzos de compresión es necesario adicionar piezas metálicas de refuerzo (zunchos, abrazaderas, bridas), disminuyendo así el esfuerzo total que sufren los dientes de puntas triangulares de unión. Este método se utiliza con mayor frecuencia en la construcción de maderas laminares por mayor trabajabilidad y facilidad en el cortado de las piezas.

Fotografía 21.  
Empalme

Fotografía 22.  
Empalme a dientes triangulares

Fotografía 23.  
Empalme a horquilla simple

## 8. CONCLUSIONES

### CAPÍTULO I

A partir de conceptos y estudios previamente analizados se llega a sintetizar esta información de la siguiente manera:

- Es necesario atender los problemas de déficit de vivienda propia en la ciudad de Cuenca, generado por el alto costo del suelo, sistemas constructivos tradicionales (Hormigón armado y acero), y la necesidad de contar con mano de obra especializada; estos son limitantes para la obtención de vivienda propia para grupos sociales de bajos recursos. Por lo que proponemos atender en parte el problema con la formulación de un sistema constructivo viable. Accesible y con uso de un material económico.

- Analizando las diferentes posibilidades en cuanto a materiales para la construcción de definió que la madera es el material con mejores potencialidades, es un recurso natural renovable, gestionado responsablemente en la última década por el Ministerio del Ambiente del Ecuador; cumple con la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC), se lo considera como un material económico, fácil de trabajar y de buenas capacidades mecánicas adecuadas para el uso dentro de un sistema constructivo para vivienda social.



# 02

CAPÍTULO

*Diseño de panel estructural de madera aserrada*





## 1. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE LA MADERA A UTILIZAR

La madera al ser heterogénea y presentar una variedad extensa de especies, es necesario clasificar y seleccionar la que posee mejores condiciones para actuar como elemento estructural, para ello deberá cumplir con características y factores que permitan lograr una estabilidad estructural, seguridad en la construcción y especialmente que sea apta para soportar cargas. Otro factor muy importante es la economía ya que será aplicado para vivienda social de bajo costo.

Para la elección de la especie, fue necesario realizar dos análisis: cuantitativo y cualitativo

### 1.1 METODOLOGÍA CUANTITATIVA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Por medio de encuestas dirigidas a comerciantes de productos madereros dentro de la ciudad de Cuenca, se ha conseguido levantar información como: los lugares de importación de la madera (fuera de la región Sierra), la especie de madera más vendida en los comercios, la gama de sus productos en venta y en algunos casos los precios de venta que impone cada uno de estos (un porcentaje de ellos se reservan el derecho a mantener sus costos de venta en incógnito).

Con el respaldo de información del Ministerio del Medio Ambiente (MAE), se ha podido establecer 143 depósitos de venta de madera en la ciudad de Cuenca (ver anexo 1). Obteniendo el universo, se procede a determinar el tamaño de la muestra a encuestar, con un total de 46 puntos de acopio de la materia prima mediante un muestreo aleatorio simple, manejando el 90% de confiabilidad de los resultados, es decir un índice de error del 10% en los datos obtenidos.

FÓRMULA:

$$n = \frac{k^2 * N * p * q}{e^2(N-1) + (k^2 * p * q)}$$

$$n = \frac{1,65^2 * 143 * 0,5 * 0,5}{0,1^2(143-1) + (1,65^2 * 0,5 * 0,5)}$$

$$n = 46$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

k= Constante que expresa el nivel de confianza (1.65)

N= Es la población total que se va analizar (143)

p= prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse (p=0.5), que hace mayor el tamaño muestral.

q= 1- p

e= Es el error permitido (10% de error = 0.1)

#### 1.1.1 INFORMACIÓN OBTENIDA

Se ha encontrado en nuestro medio material tanto local como importado de provincias aledañas, la mayoría de importaciones que se realizan son traídas principalmente del Oriente. La madera autóctona de Cuenca es extraída de bosques cercanos ubicados en la periferia de la ciudad, motivo por el cual está prohibido la explotación por razón de protección vegetal dentro de la ciudad.

En la actualidad (año 2016) en nuestro país no existe una entidad que se dedique al control de calidad y estandarización de formatos de madera aserrada para asegurar que este sea fiable, sin embargo la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) ya cuenta con normativa para el uso adecuado del material para la construcción, basándose en un 90% de su contenido en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT / JUNAC, por lo que el consumidor final es el responsable del correcto uso del material para la construcción asegurándose en cumplir con estos parámetros de seguridad.

Las pequeñas y medianas industrias funcionan como puntos de suministro de este material, la mayoría de estos reciben la madera rolliza y se encargan de seccionar en los diferentes formatos; duelas, tirillas, tiras, tablas, tablonés, vigas y tochos son los nombres más comunes de estos formatos.

La madera aserrada es la más accesible para las personas, tanto por su economía como por la gran cantidad de locales que se dedican a la venta de este producto dentro de la ciudad de Cuenca. La mayoría de este material es generado en nuestra localidad, y se puede encontrar mayoritariamente en zonas como la Costa y el Oriente ecuatoriano. Por ejemplo: maderas como el Laurel de la costa, el copal y el canelo son las especies más encontradas en el mercado, importadas de la costa Ecuatorial, dentro de la Sierra podemos encontrar en mayor cantidad maderas como el Eucalipto, el Pino y en muy poca cantidad el Ciprés, en provincias como el Cañar, Loja y Azuay, siendo las más cercanas para el transporte de estos productos también son los más económicos comparados con las otras maderas.

#### 1.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS

En el anexo 2, se han registrado algunos locales comerciales dentro de la ciudad de Cuenca, que se dedican a la venta de diferentes especies de maderas, en donde se detalla la lista de especies que cada local oferta al mercado, el cual nos permite identificar la madera más vendida y más accesible dentro del mercado de Cuenca.

Como resultado de este análisis y para la elección de la madera a usar se elige dos maderas con mayor demanda en venta; entre estas tenemos: Eucalipto y el Pino, los cuales son especies más comunes de la sierra Ecuatoriana, generalmente en provincias como Loja, Azuay, Cañar, Cotopaxi, etc.

Como proceso de selección de la madera, es importante recalcar que el proyecto va dirigido para vivienda social, el cual es importante que la demanda de venta y el costo del material a utilizar estén relacionados directamente.

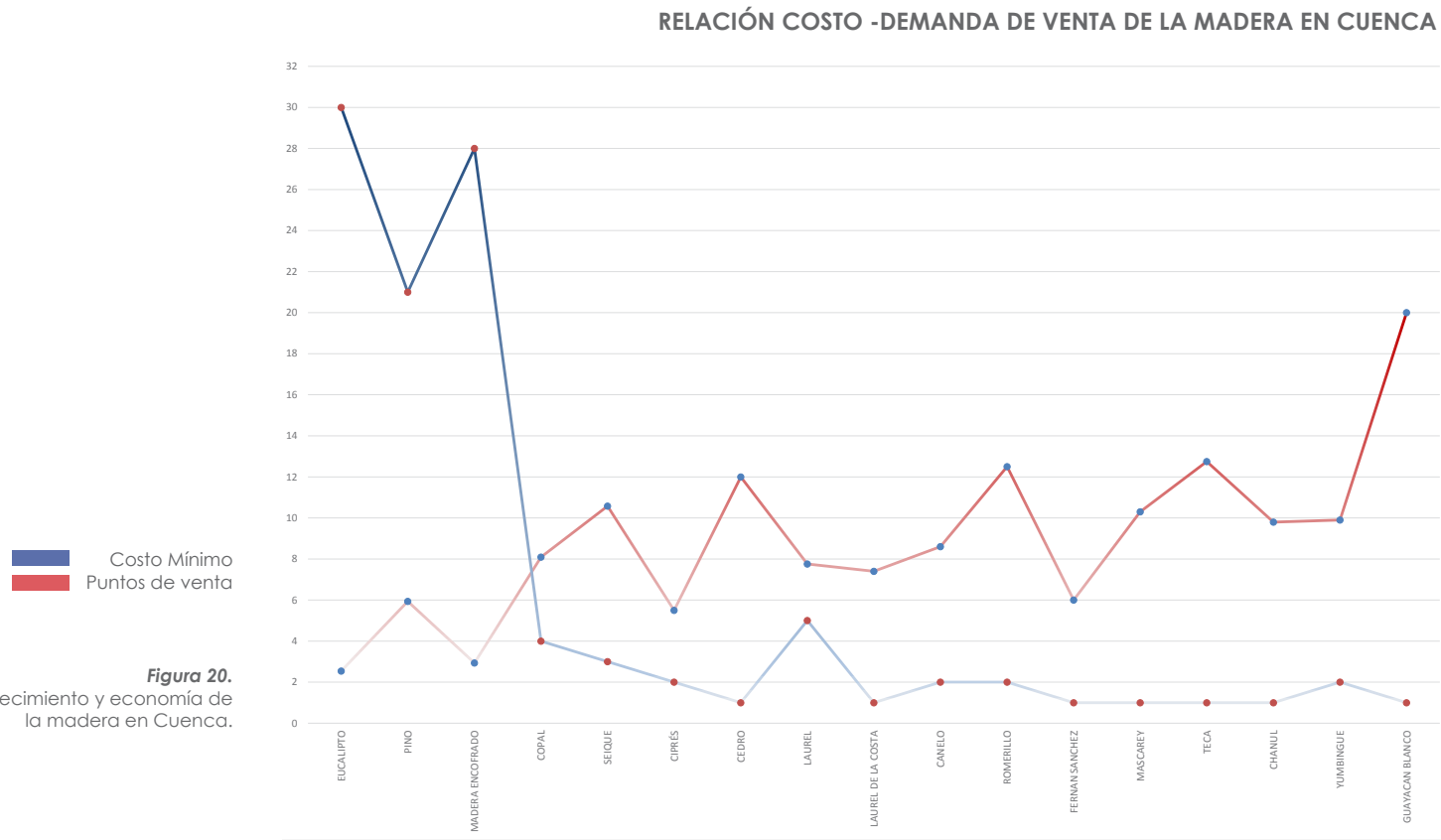
Por este motivo en el anexo 03 se especifican los diferentes precios en dólares de la madera aserrada en formato tablón de cada una de las especies. Por lo general estos valores son definidos por el comerciante a conveniencia propia para la venta al consumidor final.

Al analizar costos del material optamos por seleccionar cuatro maderas más económicas en el mercado, teniendo como resultado las siguientes: Eucalipto, Pino, Laurel y madera de encofrado (nombre comercial).

Se debe desechar la madera de encofrado por motivos de que, es una especie de madera no definida en sus características y propiedades físicas y mecánicas, esto se debe a que no se le puede definir como una especie específica y uniforme de madera, si no es el producto de residuos de varias especies que han sido desechadas. Además solo se le puede conseguir en el mercado con único formato transformado en tabla, lo que no es de gran beneficio ya que limita el uso del elemento.

Por este motivo mediante el análisis cuantitativo relacionado con la demanda en el mercado y el precio más económico del material como se muestra en la figura 20, nos centramos en las tres especies restantes para realizar un análisis cualitativo de la madera mediante pruebas mecánicas de laboratorio para verificar sus propiedades presentes en cada especie para que cumplan con las características y sean aptas para la construcción estructural.





## 1.2. METODOLOGÍA CUALITATIVA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

### • ENSAYOS MECÁNICOS

Al ser una madera estructural es necesario comprobar sus propiedades mecánica a las cuales van a estar sometidas como elementos soportantes en la construcción, por motivos de que las especies varían sus propiedades dependiendo el medio en el que se desarrollan. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Aplicaciones constructivas y Bioclimáticas de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

En nuestro país no existe normativa para ensayos mecánicos de madera estructural, por este motivo se opta por tomar como referencia la norma ASTM D 143-94 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber (Métodos Estandarizados para el muestreo de pequeños especímenes de madera libre de defectos), ver anexo 4. Es una normativa universal, conocida y utilizada a nivel mundial; obteniendo de la misma los procedimientos y las pruebas requeridas para la realización de ensayos mecánicos de especímenes de madera.

Como rige la norma es necesario realizar los siguientes ensayos para verificar el comportamiento de las especies madereras:

- Control del contenido de humedad
- Flexión estática
- Compresión paralela al grano
- Compresión perpendicular al grano
- Cizalladura paralela al grano
- La tensión paralela a la fibra
- La tensión perpendicular a la fibra

Al no contar con un diseño de muestreo previo; como parte de la experimentación y verificación del trabajo de titulación se opta por seleccionar un mínimo de cuatro probetas por cada especie a ensayar, siendo de aprobación por el grupo de trabajo y del director encargado. La metodología utilizada y el uso de las dimensiones para cada ensayo fue en base del cumplimiento del proceso de la norma ASTM. Ver tabla 13.

Para que los valores que se obtengan puedan ser comparados, eficientes y lo más próximos a la realidad fue necesario obtener especímenes para una misma prueba de diferentes depósitos de madera, evitando que la muestra sea tomada de un mismo elemento maderero o árbol.

Se seleccionó cinco depósitos de madera dentro del peri-urbano, esta selección se obtuvo por recomendación de profesionales en la rama de la construcción, los parámetros de elección fueron: que sean depósitos con una amplia gama de tipos de madera, que tengan ventas al por mayor, y como ultima característica que sean locales de reconocimiento en la ciudad. Se adquirió todo las muestras de las tres especies a estudiar (Pino, Eucalipto y Laurel de la costa) (Ver figura 21).

Los especímenes para ensayar según la norma ASTM D 143-94 pueden ser abstraídos de madera verde o seca al aire. Para los ensayos realizados se optó por trabajar con madera seca al ambiente establecidos dentro de la norma. Las dimensiones de los especímenes de todos los ensayos realizados fueron seleccionadas por el método primario que hace referencia a las probetas con sección transversal mayor, es decir abarca mayor número de anillos de crecimiento y es una muestra representativa de tamaño considerable del material a ensayar, esta selección se pudo optar gracias al tamaño de las maquinas donde fueron ensayadas.

**Tabla 13.**  
Muestreo aplicado en los ensayos mecánicos

MUESTREO DE ESPECÍMENES				
TIPO DE ENSAYO	Nro. Probetas	Dimensiones (cm)		
		a	b	c
Control del contenido de humedad	4	2	2	10
Flexión estática	4	5	5	76
Compresión paralela al grano	4	5	5	20
Compresión perpendicular al grano	4	5	5	15
Cizalladura paralela al grano	4	5	5	6.3
Tracción	No se pudo realizar por falta de equipos.			



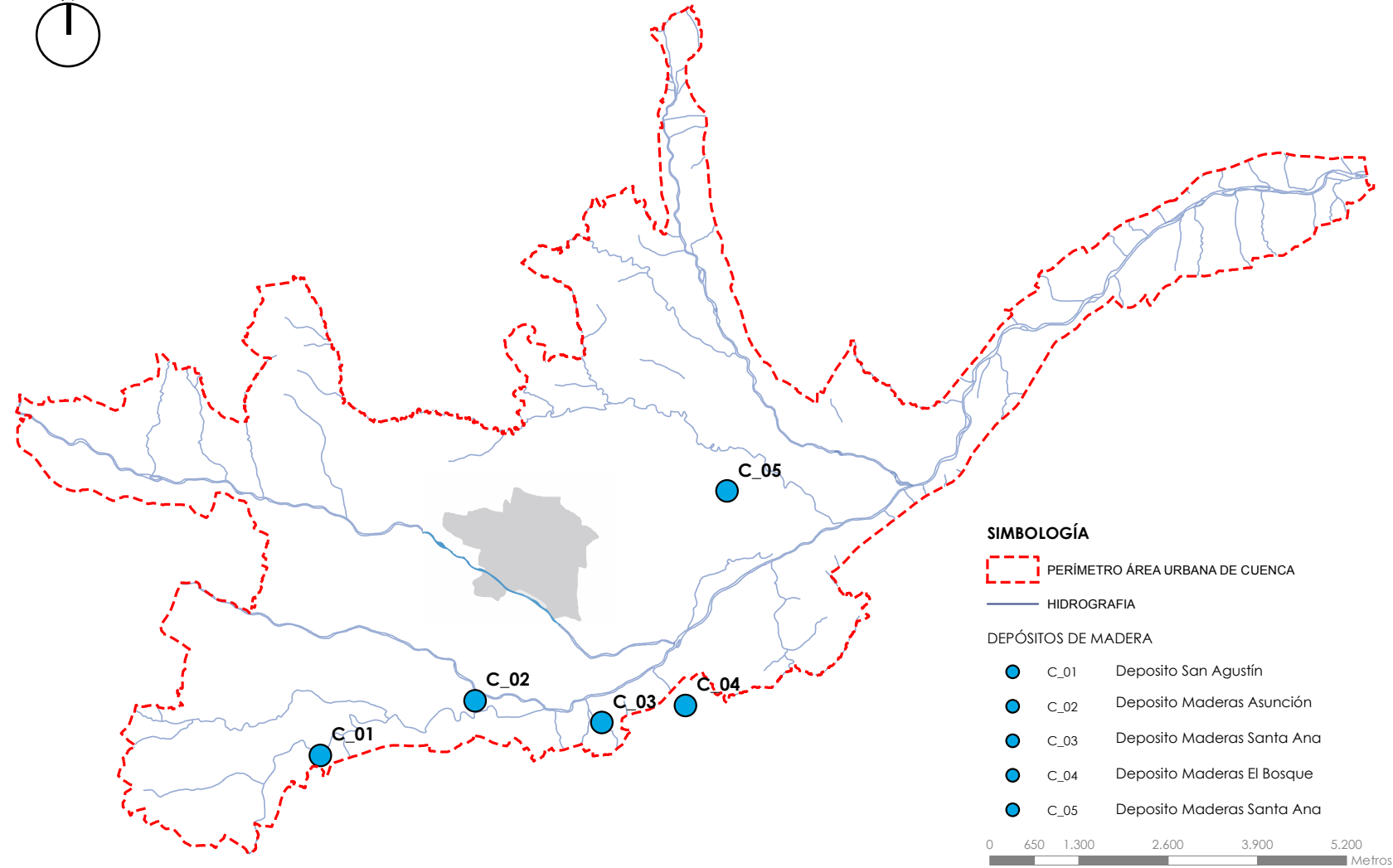
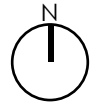


Figura 21. Mapa de ubicación depósitos de madera en Cuenca, 2016

PUNTOS DE VENTA DE LAS PROBETAS A ENSAYAR

1.3. PRUEBAS DE LABORATORIO Y RESULTADOS OBTENIDOS

Después de culminar con la realización de las pruebas de laboratorio siguiendo los procedimientos establecidos según la norma ASTM D 143-94 Standard test Methods for small clear specimens of timber (Métodos estandarizados para el muestreo de pequeños especímenes de madera libres de defectos). Y al obtener resultados de un muestreo de tres especies de maderas, procedemos a la comparación de valores para la selección de la madera adecuada para la construcción como elementos estructurales según sus propiedades mecánicas en función a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC\_SE\_MD\_ Estructuras de Madera actualmente vigente en nuestro medio, el cual son datos basados del Manual del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC vigente en Latinoamérica.

Como la norma lo indica, para que una madera sea estructural debe considerarse en la clasificación de los grupos estructurales A, B, C y D. La clasificación está relacionada directamente por su densidad básica y su resistencia del elemento como lo indica en la tabla a continuación:

TIPOS DE MADERAS		
CLASIFICACIÓN	RESISTENCIA	DENSIDAD
Grupo A	Mayor resistencia	0.71 - 0.90
Grupo B	Resistencia intermedia	0.56 - 0.70
Grupo C	Menor resistencia	0.40 - 0.55
Grupo D	Resistencia Baja	Menor 0.40

Las maderas ensayadas, Eucalipto, pino y laurel de la costa, se encuentran dentro de esta clasificación, considerándose maderas estructurales aptas para la construcción.

ESFUERZOS ADMISIBLES (kg/cm²)						
Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC						
	Densidad Básica (g/cm3)	Contenido Humedad %	Flexión Fm	Compresión paralela (MOR)	Compresión perpendicular (MOR)	Cortante paralela (MOR)
A	0.71-0.90		210	145	40	16
B	0.56-0.70	12%-19%	150	110	28	12
C	0.40-0.55		100	80	15	8

NOTA: Los esfuerzos admisibles son indicadores para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca

Densidad del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC  
Eucalipto= 0.55g/cm3  
Pino insigne= 0.39g/cm3  
Laurel= No especifica

RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO							
ESFUERZOS PROMEDIOS (kg/cm2)							
		Densidad Básica (g/cm3)	Contenido Humedad %	Flexión (MOR)	Compresión paralela (MOR)	Compresión perpendicular (MOR)	Cortante paralela (MOR)
EUCALIPTO	A	0.75	13	814	376	292	73
LAUREL	C	0.40	15	396	239	153	33
PINO	C	0.51	15	630	245	265	61







Al culminar con los ensayos, y generar informes (ver anexo 5), se obtienen resultados que aportan para un análisis selectivo según las propiedades de las tres especies:

### 1.3.1. DENSIDAD ENSAYADA

Como se mencionó anteriormente, por la densidad básica que presenta las especies según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC); las maderas ensayadas pertenecen a una clasificación "B" para la madera de eucalipto y "C" para Pino y Laurel de la costa, presentando una resistencia intermedia y menor respectivamente. Como muestra la tabla 15, la densidad básica como resultado de los ensayos sobrepasan los valores dados por la norma para los especímenes de madera obtenido en la ciudad de Cuenca.

Especialmente el Eucalipto, según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFOT/JUNAC), es considerado una especie no estructural, sin embargo con los resultados obtenidos podemos clasificar como una especie tipo "A" con alta resistencia y una densidad básica promedio de  $0.9\text{kg/cm}^3$ , considerando un material adecuado para la construcción. Las razones de no aceptación de la especie son las deformaciones que presenta generadas el momento de su pérdida de humedad o tiempo de secado.

### 1.3.2. CONTENIDO DE HUMEDAD ENSAYADA

Al referirnos al contenido de humedad, la norma permite un manejo de valores en el rango de 12% hasta el 19% como máximo para elementos estructurales, y en caso de ser un elemento laminado de madera debe asemejarse lo más próximo al 12% de humedad. Como observamos en la Tabla 15, las tres especies maderables

ensayadas presentan la característica de ser estructurales por su contenido de humedad experimentada en probetas secas al aire, manejando valores intermedios a lo que exige la norma, es decir en un rango de 12% -19% de contenido de humedad.

Es de gran importancia conocer que la humedad analizada y que presenta la madera es conocida generalmente como humedad seca, es decir, humedad que se mantiene durante su periodo de secado al ambiente (contenido de agua que presentan los especímenes el momento de su adquisición), es por eso que el tiempo de secado que tienen las diferentes especies no es regular, razón por la que se desconoce el periodo que cada una a experimentado desde su corte.

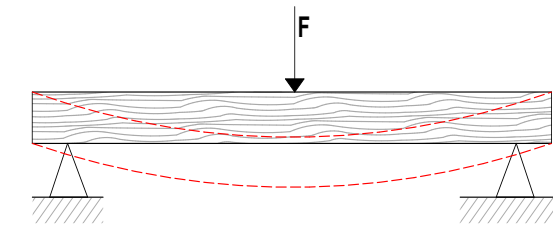
Puesto que es necesario considerar la capacidad en porcentaje que tiene cada especie de absorber agua después de estar seca en su totalidad, es decir, el porcentaje de contenido de humedad anhidrida que posee cada madera. Como resultado del análisis planteado se observa lo siguiente, Eucalipto 11%, Laurel de la costa 22% y Pino insigne 25%, y teniendo como aporte en el momento de diseño que cuando el porcentaje de CHA (contenido de humedad anhidrida) es mayor, por tanto el material absorbe con mayor

### 1.3.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ESPECÍMENES ENSAYADOS

La madera es un material que trabaja correctamente a flexión, siendo mas resistente que el metal y el hormigón, esto se debe a que la madera al ser un material liviano tiene una relación mayor entre su resistencia con relación a su peso.

La resistencia a flexión permite definir su módulo de elasticidad y el módulo de ruptura como efecto de la aplicación de una carga puntual que cada especie posee como reacción.

Para cada resultado de los especímenes ensayados de las especies, se puede comparar los esfuerzos admisibles permitidos por el módulo de ruptura que la norma nos rige y los resultados obtenidos después de los ensayos aplicados como se muestra en las tablas 14 y en la tabla 05 respectivamente, datos que definen una aprobación del uso de los materiales como elementos estructurales resistentes a flexión, lo cual se encuentran dentro de los rangos permitidos por las normas aplicadas en nuestro medio.



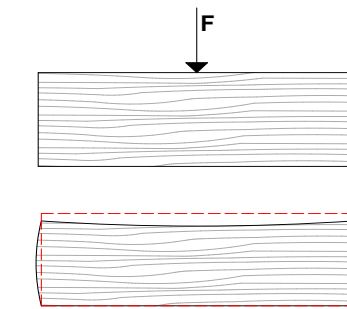
**Figura 22.**  
Aplicación y deformación de elementos sometidos a fuerzas de flexión

### 1.3.4. RESISTENCIA A COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA DE ESPECÍMENES ENSAYADOS

La resistencia aplicada a las fibras en dirección perpendicular siempre sera inferior a las que se encuentran en dirección paralela manteniendo una relación aproximadamente de 1 a 2 referente a la carga máxima que el elemento puede soportar. Esto se debe a que las fibras al estar cargadas sufren deformaciones sin llegar ha alcanzar su módulo de ruptura si no las fibras se desprenden generando división en el elemento por motivo de aplastamiento.

Durante los ensayos se puede constatar algunas observaciones de gran importancia. El pino es una madera que al momento de sufrir aplastamiento los poros internos al estar comprimidos disminuyen su cavidad y expulsan una resina pegajosa propia del material.

Por otro lado el eucalipto, por su alta densidad resiste mas al aplastamiento, pero al momento del fracaso de la pieza su corte es radical, es decir sus fibras se separan inmediatamente.



**Figura 23.**  
Aplicación y deformación de elementos sometidos a fuerzas a compresión perpendicular.



**Fotografía 25.**  
Ensayos a flexión estática





Fotografía 26.  
Ensayos a compresión

El Laurel, es el que menos soporta a cargas por su baja densidad y al estar sometido a aplastamiento, sus fibras son como hebras permanecen agarradas unas de otras sin que el elemento se fraccione.

A pesar de lo antes dicho, los resultados de los ensayos de cada especie superan los valores admisibles presentes en la norma, indica que las tres especies están aptas para ser aplicadas como elemento estructural bajo la norma vigente que regula el comportamiento estructural en madera aserrada. Ver tabla 14 y 15.

### 1.3.5. RESISTENCIA A COMPRESION PARALELA A LA FIBRA DE ESPECÍMENES ENSAYADOS

Culminando con los ensayos de laboratorio, el objetivo principal fue reconocer y diferenciar los comportamientos que la madera posee ante cargas aplicadas puntualmente sobre elementos verticales.

Su comportamiento depende de la longitud del elemento, por lo cual la esbeltez es un factor importante y necesario de controlar en el momento de diseño. Si un elemento tiene una de sus dimensiones de gran longitud, cuando se aplica una carga este fracasará por motivos de dobles, pandeo o flexión lateral; mientras que si el elemento posee menor longitud, por tanto tendrá mayor resistencia y su falla será por aplastamiento del elemento.

Si observamos en la tabla 14 y comparamos con los valores obtenidos de las pruebas ensayadas (ver tabla 15), se puede demostrar que la madera tiene un mayor Módulo de ruptura admisible (MOR) que lo permitido en la norma con una relación aproximadamente de 1 a 2 de lo que puede resistir en realidad un elemento de estas especies estudiadas.

Es importante conocer también que la madera al ser sometida a cargas, llega a fracturarse sin fracasar en su totalidad, con una capacidad de seguir soportando carga hasta llegar a su límite máximo de destrucción.

Se considera a la madera un material aceptable con respecto a su ductilidad, esto depende de su especie, ya que permite deformaciones unitarias en el material. Para el control de estas fallas que presenta, es necesario rigidizar evitando que se deforme el elemento.

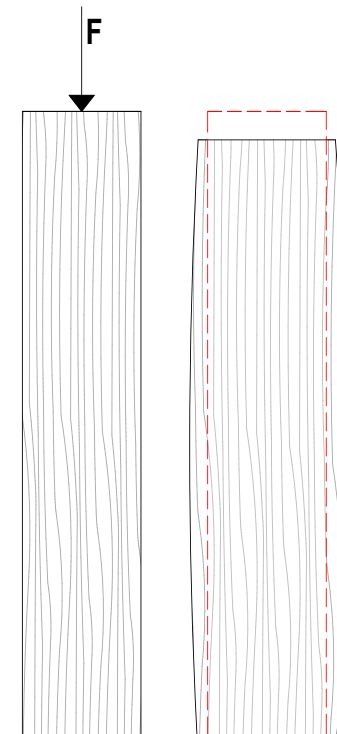


Figura 24.  
Aplicación y deformación de elementos sometidos a fuerzas a compresión paralela a las fibras

### 1.3.6. CORTANTE PARALELA A LA FIBRA O CIZALLAMIENTO DE ESPECÍMENES ENSAYADOS

Como resultado de las probetas se puede decir que presenta una resistencia buena a cizallamiento, con esfuerzos máximos superiores a los admisibles en la normativa, alcanzan valores en el rango de 33kg/cm<sup>2</sup> hasta 73kg/cm<sup>2</sup>, permitiendo ser especies estructurales con un buen comportamiento a cortante.

A pesar de que los valores superan la norma, al observar el comportamiento que presentaron los especímenes ensayados, es necesario especificar como dato importante algunas fallas presentes en las deformaciones que la madera tenía durante su ejecución:

- Cuando la madera presenta un nudo en el área de corte sin importar la especie; al aplicar una carga sobre la zona esta sufre un desprendimiento en la pieza justamente donde se ubica el nudo muerto.
- Por la densidad de cada especie la reacción ante el esfuerzo cortante es diferente en cada caso; en el eucalipto, el corte es lineal generando una sola rajadura paralela a la fibra; por otro lado el laurel presenta su falla en sentido radial a los anillos y un desprendimiento justamente en los defectos presentes en la madera, puede mostrar más de un corte; en cambio la especie de pino, al ser una madera fibrosa en varios sentidos tiende a generar una ruptura irregular ya que sigue por lo genera la orientación de las fibras.

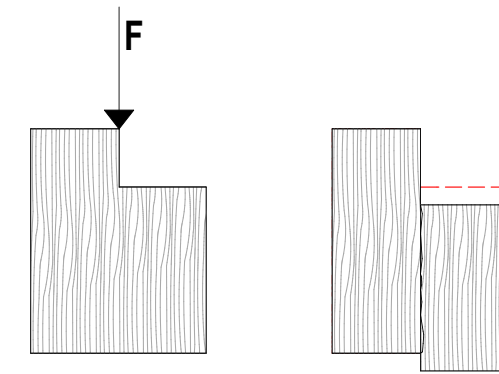


Figura 25.  
Aplicación y deformación de elementos sometidos a fuerzas a cizallamiento



Fotografía 27.  
Ensayos a Cizallamiento



2. VALIDACIÓN DE DATOS

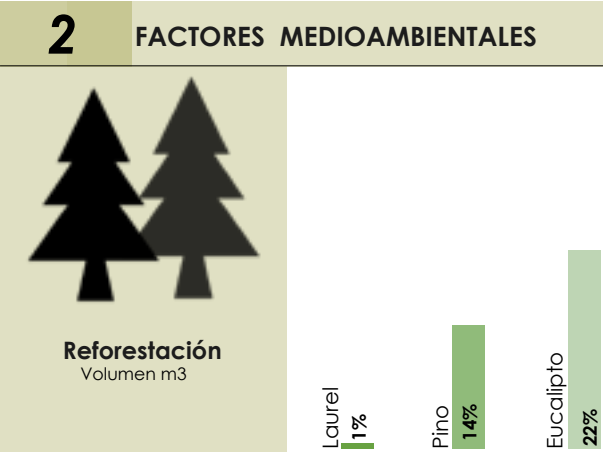
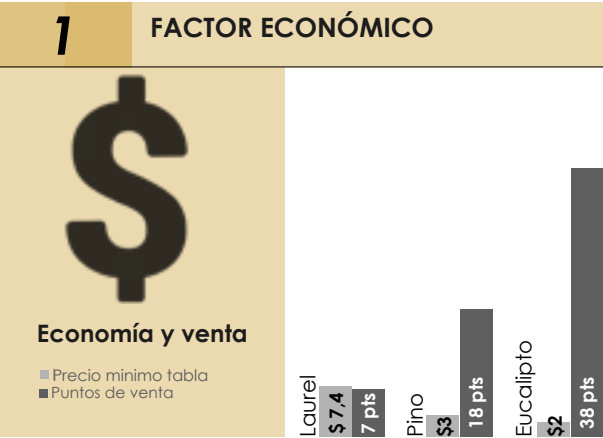
Los factores que intervienen en la evaluación de verificación para que una madera sea apta como elemento estructural basados en los parámetros estudiados anteriormente, se obtiene:

- Factor económico:

Para la propuesta se necesita especificar una madera de bajo costo. En el análisis realizado el eucalipto es la madera más económica que se encuentra en el mercado de Cuenca, manteniendo costos que se encuentran en 2.56 dólares el precio promedio en formato tabla (ver anexo 03), Además existe una gran facilidad de adquirir el material debido a la disponibilidad de la especie en nuestro medio.

- Factor medioambiental:

El eucalipto a pesar de ser la especie mas extraida de los bosques, es tambien la mayor reforestada en nuestro país manteniendo un porcentaje del 22% del volumen total planificado para proyectos de reforestacion. Es decir se le concidera una especie para el uso maderero ya que actualmente su extraccion se genera de manera controlada.



- Propiedades mecánicas:

Como respuesta al análisis de resistencia y de comportamiento de las especies ante esfuerzos de compresión, flexión y cizallamiento, se observa que el eucalipto es la especie que reacciona adecuadamente ante dichas fuerzas, esto generalmente se debe a la alta densidad que presenta, es decir es una madera mucho más resistente capaz de soportar cargas puntuales significativas, por lo tanto se le considera un material apto para la construcción de elementos estructurales. Ademas sobrepasa valores admisibles de la norma del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC.

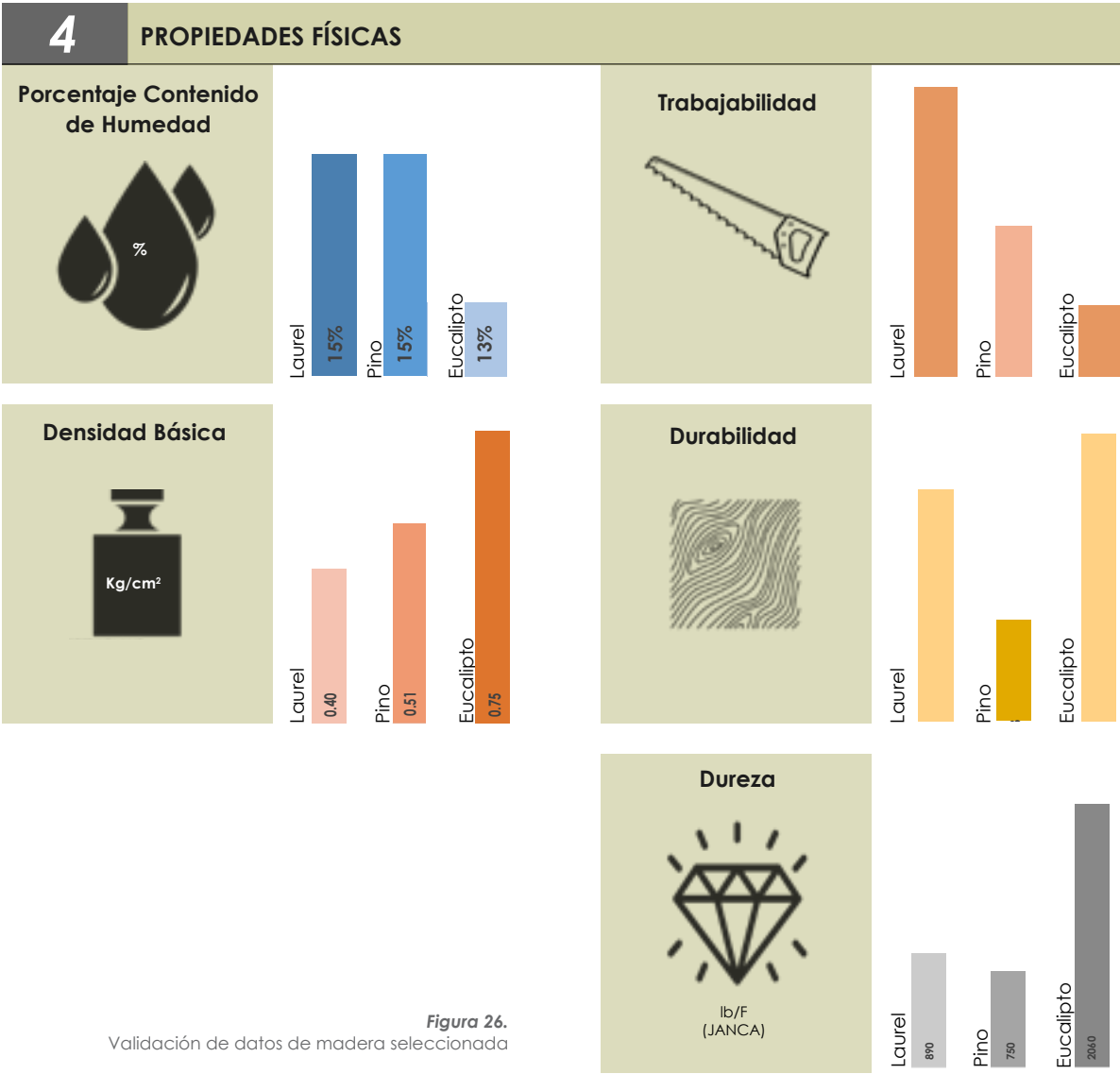


Figura 26.  
Validación de datos de madera seleccionada

- Propiedades físicas

Al realizar el análisis de las tres especies, se obtiene como resultado que el eucalipto con sus propiedades físicas, es la especie de madera más apta en condiciones naturales, es decir posee poco contenido de humedad, lo que permite que en su secado evacue rápidamente y expuesto a la intemperie no absorba con facilidad líquidos del medio, además su densidad es alta y permite mayor resistencia por la cantidad de fibras que presenta. En cuanto a la dureza contiene una relación de libras sobre fuerza óptima para trabajar como elemento estructural.

La trabajabilidad del material es baja, esto se debe a la dureza que presenta la especie, en nuestro medio, esta es una de las razones por la que dejan a lado el trabajo manual en madera de eucalipto pero no ha sido un impedimento para el avance tecnológico de generar herramientas eléctricas que permitan su trabajo.

La durabilidad del eucalipto en estado natural y expuesto a agentes externos es buena, esto se debe a su alta densidad y dureza que no permite el ingreso de agentes abióticos que debiliten o desgasten el material. Se logra mayor tiempo de durabilidad si se le coloca alguna resina de protección especialmente contra la humedad.

Con los análisis realizados anteriormente, la madera de eucalipto es el material más apropiado para utilizar en la construcción, por sus propiedades que presenta para ser utilizado dentro de la construcción, como un elemento de panel estructural y de recubrimiento de fachada en la vivienda.







Fotografía 28.  
Especie de Eucalipto

### 3. FICHA TÉCNICA EUCALIPTO

Ficha obtenida de Ecuador Forestal.

**FAMILIA:** Myrtaceae  
**NOMBRE CIENTÍFICO:** Eucalyptus globulus Labil  
**NOMBRE COMÚN:** Eucalipto, Gomero Azul

#### IMPORTANCIA ECONÓMICA:

El Eucalipto tiene su trascendencia económica tanto en la industrialización como en la exportación de productos madereros. Es muy utilizado en la reforestación para plantaciones de productos, de protección y en sistemas agroforestales. Es una especie de rápido crecimiento con alta capacidad de rebrote a partir de tocón, lo que representa una buena alternativa para pequeños propietarios de producción de leña, postes o madera para aglomerados en rotaciones cortas. Su buena poda natural disminuye los costos de manejo. La madera es fina y muy cotizada en el mercado local.

#### GENERALIDADES

Esta especie de eucalipto es la más plantada en el mundo y también es la especie forestal más plantada en la Sierra ecuatoriana. Su popularidad se basa en que es una especie rústica, de rápido crecimiento, fácil adaptación y tiene gran valor comercial como material de construcción.

#### DENDROLOGÍA Fisonomía del árbol:

- **Tronco:** Es cilíndrico y recto. En el país alcanza hasta 1.20 de DAP y una altura de 10 a 15 metros.
- **Corteza:** Tiene un grosor de 3cm que se desprende en tiras al madurar, dejando una segunda corteza lisa.
- **Copa:** Es alargada e irregular, sobre un fuste limpio de ramas hasta en 2/3 de su altura total.

#### ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN

Es de origen australiano; fue introducido en la sierra ecuatoriana en sitios con altitud entre 2200 y 3300 m.s.n.m, al interior del callejón interandino. Su rendimiento decae en zonas con periodos secos prolongados, zonas húmedas con neblina, en zonas secas con heladas y con vientos frecuentes superiores a 8m/seg.

#### REGENERACIÓN NATURAL

En la parte húmeda de piso altitudinal, los eucaliptos tienen una buena regeneración natural especialmente después de una quema, debido a la reducción de la masa vegetal inferior o a la raíz de corte de aclareo, sea por semilla o rebrote de brinzales. Las plantas jóvenes emiten abundantes renuevos de cepa.

#### CRECIMIENTO Y MANEJO DE LA PLANTACIÓN

Dependiendo de la calidad del sitio, se han obtenido en Ecuador crecimientos que fluctúan entre 5 a 25 m³/ha/año. El manejo en una plantación se orienta a eliminar la competencia por agua y nutrientes, por parte de otras especies indeseables. Presenta una poda natural de ramas, aunque en algunas ocasiones es necesario efectuar la poda de ramas bajas, para evitar la presencia de nudos en la madera aserrada. Los raleos o aclareos deben practicarse de acuerdo a la velocidad de crecimiento en altura y diámetro de los individuos; uno de los indicadores para proceder con esta práctica silvicultural es el cruce de copas.

#### PRESERVACIÓN

Especie imposible de tratar con sales a presión, en igual forma con pentaclorofenol a presión e inmersión.

#### PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA MADERA Propiedades Organolépticas de la Madera

- **Color:** La albura es de color crema con poca diferencia a duramen crema oscuro, con tintes grisáceos.
- **Veteado:** No definido.
- **Grano:** Recto desviado a entrecruzado por nudosidades.
- **Textura:** Mediana.

#### Durabilidad natural

Su madera es moderadamente durable, tolera el fuego, y es resistente al ataque de termitas y perforaciones marinos. La albura se reporta moderadamente resistente al ataque del Lyctus.

#### Trabajabilidad

Presenta defectos muy leves de cepillado, moldurado y taladrado. Es sensible al clavado pues produce rajaduras, por lo que se recomienda hacer un pre-taladrado.

#### Secado

Madera de secado rápido, bajo al 20% de contenido de humedad en 75 días. En secado al horno, seca sin problemas de defectos mediante el horario suave.

#### USOS

Es utilizada para la construcción (columnas y vigas), parquet y duelas de piso; y carrocerías. La madera aserrada se usa en la fabricación de revestimientos, muebles y carpintería en general; y en la fabricación de postes, durmientes y mangos de herramientas. En la actualidad se exportan astillas de esta especie a Japón, para la producción de papel de alta calidad.

Al utilizarse como leña o carbón, no se consume tan rápido. Arde bien y deja poca ceniza, por lo que se carbónica fácilmente produciendo un carbón de buena calidad.

#### PROPIEDADES FÍSICAS:

Densidad (gr/cm³)	Verde	Seco al aire	Básica
	1.16	0.73	0.55
Contracción normal %	Tangencial	Radial	Volumétrica
	10.8	4.4	15.2

#### PROPIEDADES MECÁNICAS:

		Verde	Seco aire	
Flexión Estática		ELP kg/cm²	383	509
		MOR kg/cm²	702	1068
		MOE X 10 kg/cm²	104	138
Compresión	Paralela	ELP kg/cm²	232	337
		MOR kg/cm²	288	470
	Perpendicular	ELP kg/cm²	58	80
Dureza	Lado		478	480
	Extremo		442	557

ELP: Esfuerzo en el límite proporcional  
MOR: Módulo de ruptura  
MOE: Módulo de Elasticidad

Tabla 16.  
Propiedades físicas y químicas de la madera de Eucalipto







# PROCESO DE DISEÑO

*“LA FORMA SIGUE A LA FUNCIÓN”*

Louis Sullivan



## 4. PROCESO DE DISEÑO

### 4.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Por medio del uso de varias piezas de madera se busca conformar un panel que cumpla con una esbeltez y longitud efectiva para resistir a cargas verticales y así garantizar su estabilidad y que al mismo tiempo conforme la envolvente de la vivienda. Si bien un muro estructural no solamente debe resistir a este tipo de solicitaciones sino también a cargas laterales, esfuerzos cortantes, flexión, torsión, etc., estos cálculos entran en el campo de la ingeniería por lo que se pueden dejar para posteriores investigaciones especializadas.

Uno de los objetivos principales de la propuesta es experimentar y comprobar si se puede abaratar costos al fusionar el sistema estructural con los elementos de cierre, por lo que también se hará una comparación con otros sistemas comúnmente usados en la localidad. De manera que se irá relacionando la cantidad de material utilizado con la resistencia del material y su comportamiento ante cargas verticales, con el uso de modelos a escala.

#### 4.1.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA

Para conseguir un diseño correcto y funcional consideramos importante emplear principios de diseño arquitectónico aplicado desde la antigüedad como los tres pilares fundamentales de Marco Vitruvio Polión donde se sustenta la buena arquitectura que son: Belleza, Firmeza y utilidad. Ver Figura 27.

Los tres principios deben mantener la misma importancia y un equilibrio para una integración arquitectónica adecuada.

Vemos necesario que para el diseño del panel estructural además de cumplir con los tres principios anteriormente dichos es de gran importancia aplicar lo expresado por Louis Sullivan, *"la forma sigue a la función"*, donde la forma nace a partir de un funcionamiento arquitectónico - estructural correcto que garantice la seguridad al usuario.

- **BELLEZA:** Se le considera una belleza visual, que esté en armonía con el ojo humano. En especial cada elemento que se le coloque deberá ser funcional capaz de trabajar en conjunto evitando así elementos ornamentales.
- **FIRMEZA:** como proyecto experimental de un elemento estructural se debe garantizar la durabilidad, la resistencia y la seguridad que el panel debe tener para soportar cargas verticales como horizontales presentes en sismos o por vientos fuertes y ha agentes externos presentes en el medio, brindando confort y seguridad al usuario.
- **UTILIDAD:** responde a necesidades del usuario, es decir satisfacer el problema actual de adquirir una vivienda de bajo costo y la utilidad del material mas económico y sobre todo que sea resistente y amigable con el medio.

Además, garantizar mayor capacidad y mejorar la utilidad de un elemento lineal, que al conformarse con otros de igual característica u dimensión formen un elemento compacto ganando espesor y estabilidad mediante uniones que permitan su crecimiento tanto horizontal como vertical con el mismo formato estándar que se encuentra en los aserríos.



Figura 27.  
Pilares fundamentales para el diseño arquitectónico

### 4.1.2 CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO

El comportamiento estructural de cada pieza de madera es incierto, dado que cada una de ellas responden según su conformación morfológica ya sea por el direccionamiento variable que tienen las fibras, por el tipo de corte al que ha sido sometido el elemento, o por ciertos "defectos" (irregularidades) de crecimiento u otros factores que han afectado la regularidad de la pieza.

El dimensionamiento de piezas a utilizar para la conformación del panel estructural responde a tres aspectos:

- Respetar los formatos de los elementos que se encuentran en los distintos comercios madereros de la ciudad para evitar desperdicios.
- Contemplar una modulación que permita la semi - industrialización y facilite el acoplamiento tanto al diseño de la vivienda como a la facilidad de construcción de la misma.
- Facilidad de transporte, tanto para piezas no ensambladas como para el panel ya armado.



## Esquemas INICIALES - PROPUESTA -

El prototipo debe responder a condiciones estructurales preestablecidas, teniendo en cuenta la eficacia desde sus uniones hasta el conjunto como unidad.

Dentro del proceso de diseño se consideraron algunos tipos de uniones o anclajes con sus respectivos destajes, los cuales son utilizados para diferentes propósitos principalmente para el diseño de mobiliario.

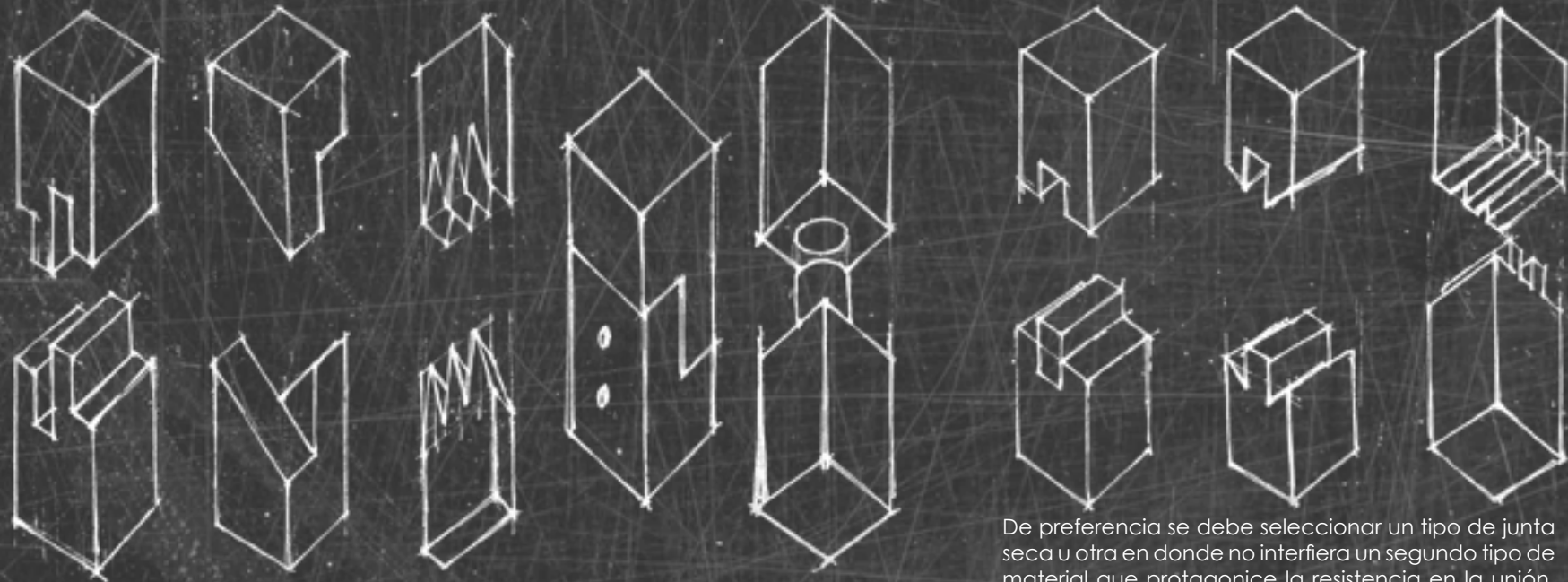


Figura 28.  
Clasificación de uniones

De preferencia se debe seleccionar un tipo de junta seca u otra en donde no interfiera un segundo tipo de material que protagonice la resistencia en la unión, ya que este tiene diferentes propiedades mecánicas que la madera.

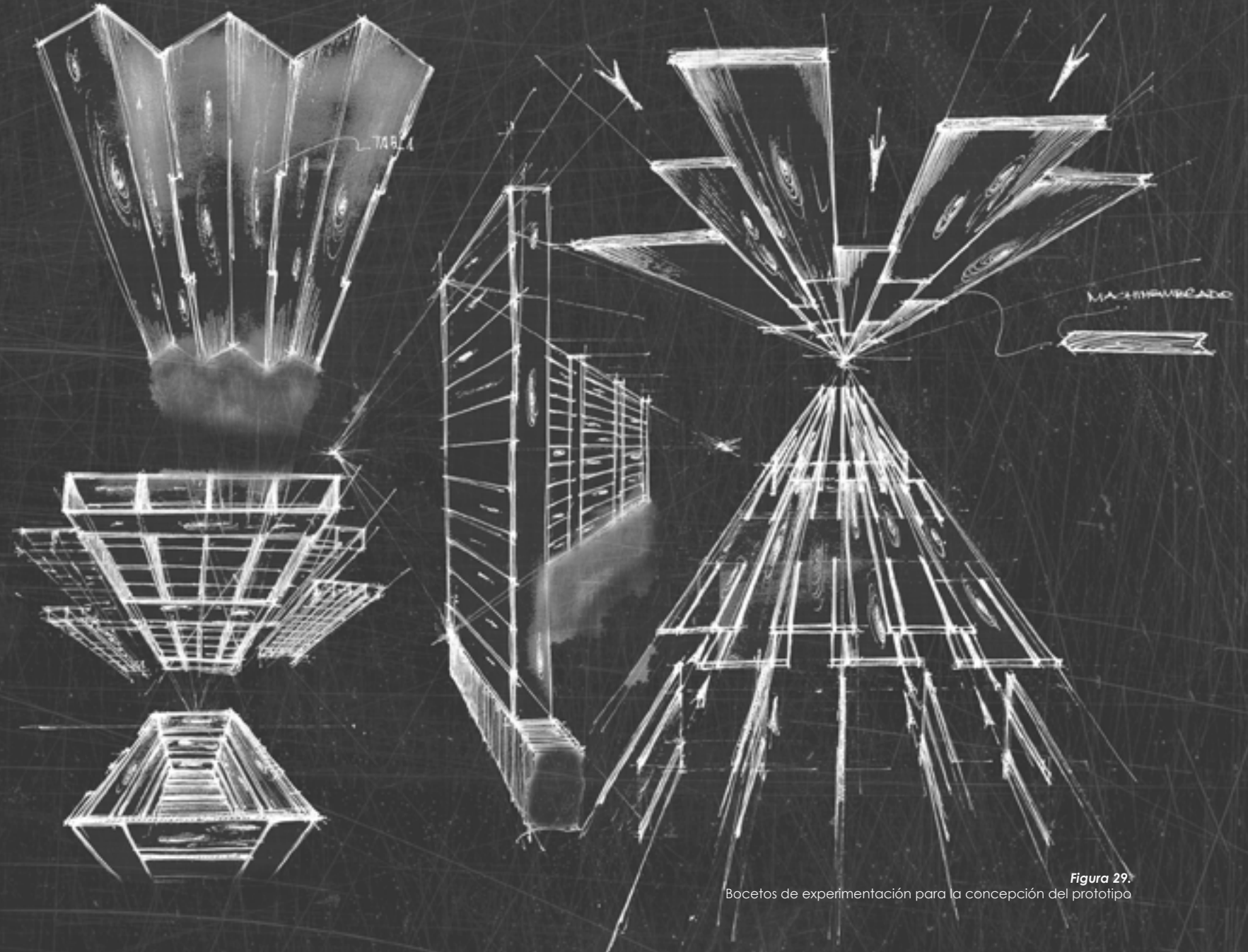


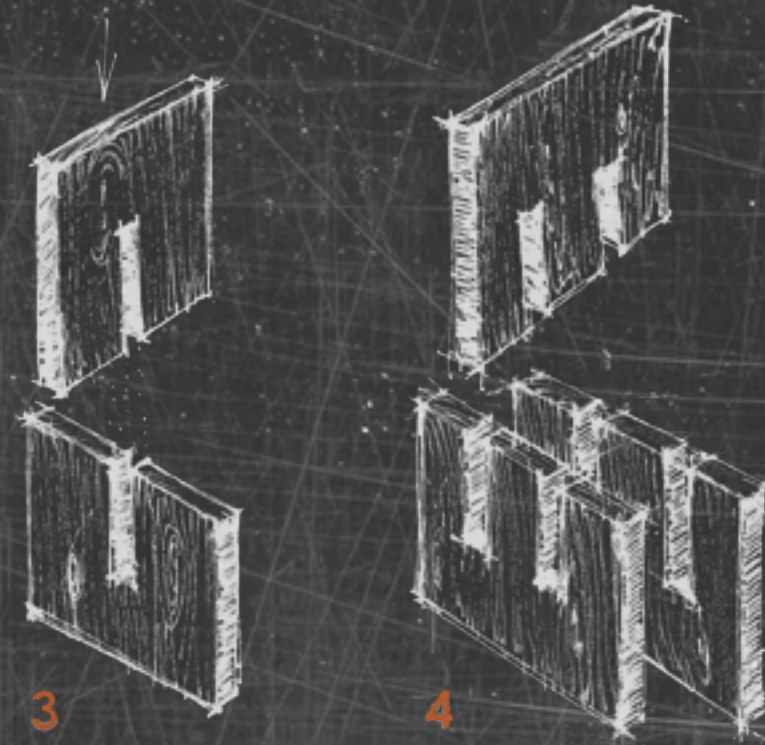
Figura 29.  
Bocetos de experimentación para la concepción del prototipo



Partiendo de una tabla en posición vertical (1) se da por entendido su inestabilidad, por lo que se ve la necesidad de añadir un elemento perpendicular a ella (2). el ensamble entre estas piezas es el siguiente inconveniente que presenta el diseño, por lo tanto lo que se busca es que el panel trabaje como un todo mediante la unión de piezas.

Existen muchas soluciones de uniones en madera con diferentes propósitos; con juntas que generalmente se les conoce como uniones que extienden el ancho de las piezas; los ensambles suelen insertar un elemento de otro tipo de material como por ejemplo los clavos, pernos, tornillos, o cierto tipo de pegante o cola; y los encajes, que pueden servir para extender la longitud de una pieza sin la utilización de materiales de otro tipo.

Por lo que se determina que una de las mejores uniones es realizar un encaje entre ellas por medio de un ensamble de horquilla -empotramiento entre piezas- (3), de esta manera no solo logramos la sujeción entre ellas sino también cierto control de la deformación de cada pieza por individual.



Para que exista continuidad longitudinal del panel se vio la necesidad de conformar una doble horquilla en cada pieza, para que la primera abertura sujete a la pieza perpendicularmente y la segunda sujete a la siguiente y así sucesivamente (4).

Ahora bien, para la continuidad vertical se presenta la necesidad de intercalar dimensiones, es decir, generar una pieza del doble de altura para intercalar con la altura normal de la primera pieza e ir conectando también con una doble horquilla en sentido vertical (5).

La continuidad tanto longitudinal como vertical puede crecer sucesivamente sin límite (6), siempre y cuando se tenga en cuenta que cada cierto tramo debe existir un elemento rigidizador tal como sucede con las columnas en muros portantes de hormigón, muros mampuestos o los muros de corte de madera que no podrán ser mayor a 4m como lo expresa en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/ JUNAC). También se debe analizar la relación de esbeltez/ altura del mismo. Las piezas finales que cierran el panel son las mismas con las que se comienza (7).

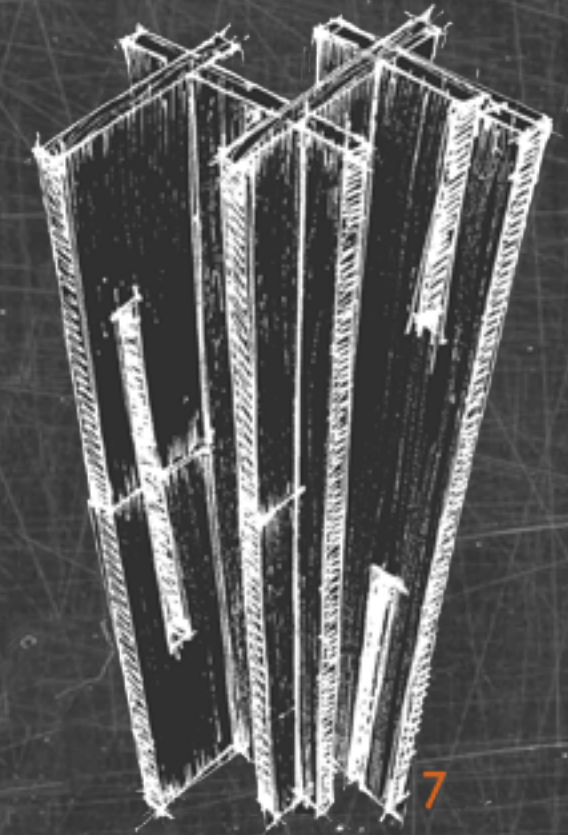
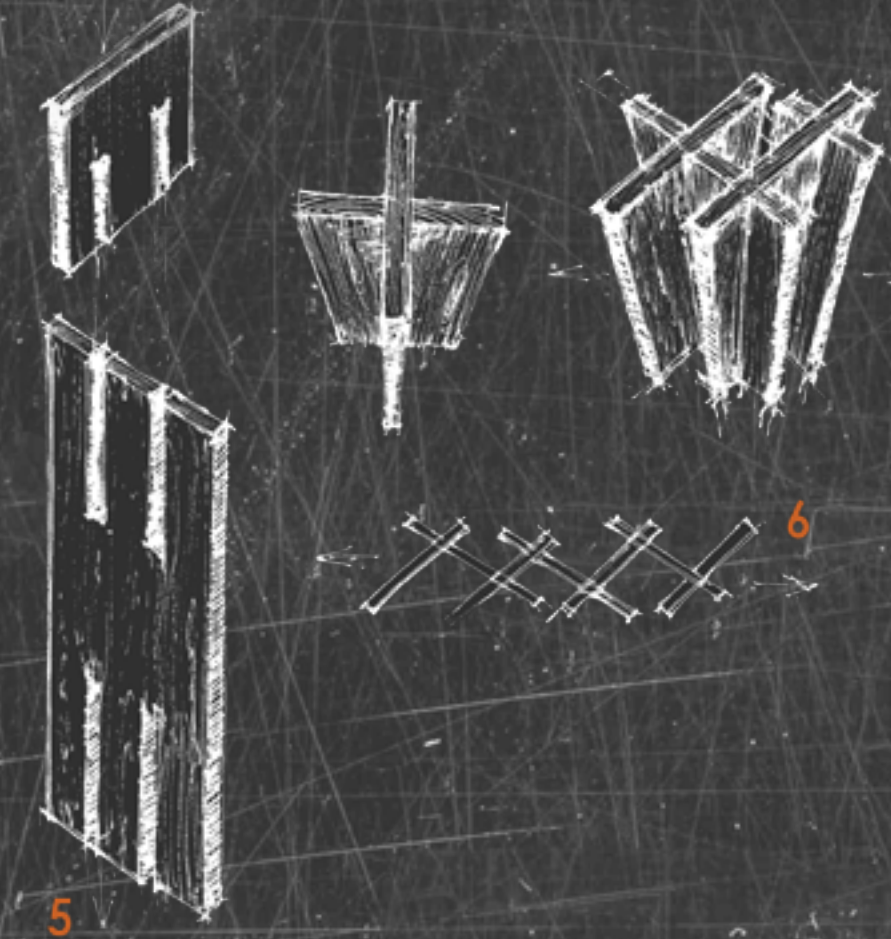


Figura 30.  
Proceso de armado de la propuesta inicial

Con este concepto partimos a diseñar los prototipos, seleccionando este tipo de anclaje que si bien no es el mas económico en cuanto a mano de obra, no necesita de otro material secundario que sea protagonista en la resistencia del panel (impidiendo que el prototipo trabaje uniformemente); simplemente se podría emplear como material alterno para controlar las alteraciones o deformaciones que podrían producirse con el tiempo.



Si bien los primeros modelos no son puestas a prueba a escala real, se realizaron maquetas representativas, en donde de manera visual e intuitiva se analizó el comportamiento del panel ante diferentes solicitudes.

2

$F \rightarrow$

$F_d$

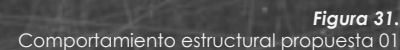
$F_{10}$

$S$

$F_{10A}$

$INTC$

FIJACIÓN AL PISO  
O VIGA

[illegible]

**Figura 32.**  
Proceso de diseño de la viga de anclaje al panel



Las soluciones de anclaje a la primera propuesta del panel, resultaron muy complejas, debido al ángulo de  $45^\circ$  que están dispuestas las piezas con respecto al eje longitudinal, lo cual dificulta las uniones. La cantidad de destajos o piezas auxiliares que se tendrían que incluir para solucionar la unión, daría como resultado una mano de obra demasiado exhaustiva y compleja.

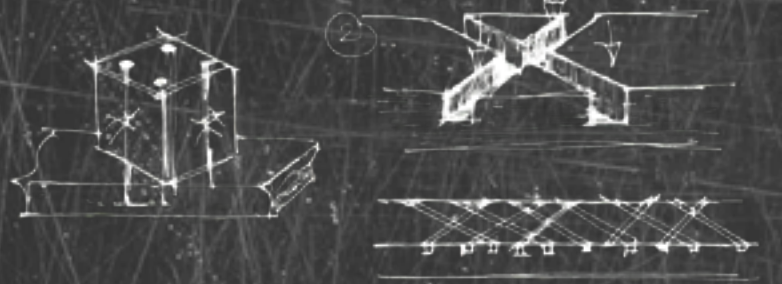


Figura 33.  
Soluciones de anclaje

De modo que por medio del proceso de diseño se llegó a determinar otro tipo de panel utilizando el mismo concepto de unión pero con piezas dispuestas a  $0^\circ$  y  $90^\circ$  entre sí con respecto a un eje longitudinal; facilitando así las uniones entre los demás elementos estructurales.

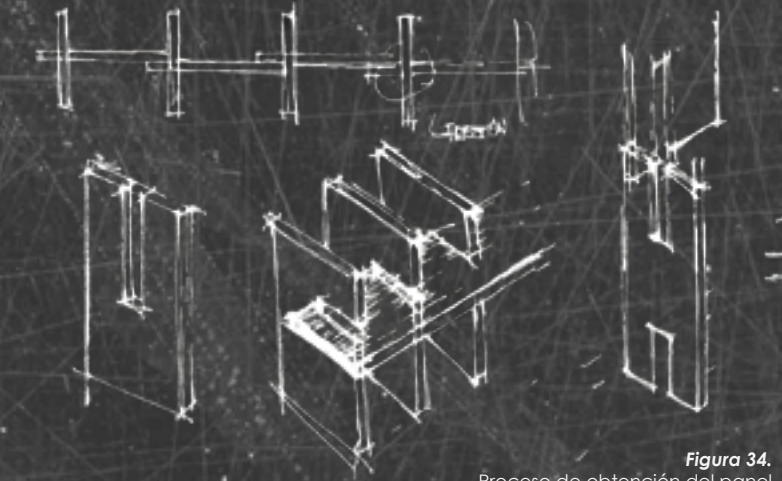


Figura 34.  
Proceso de obtención del panel

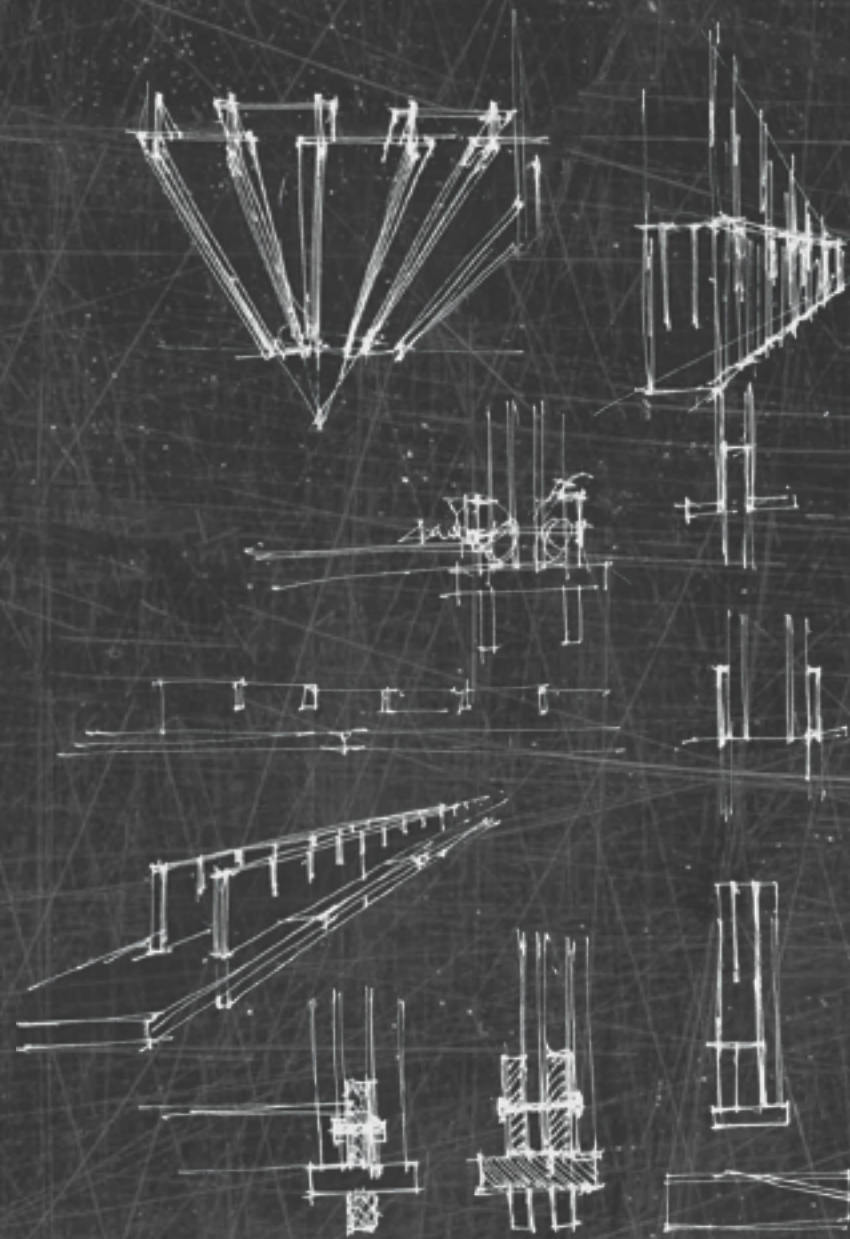


Figura 35.  
Diseño propuesta 02

Para mantener la uniformidad en el material, se da preferencia a la utilización de la madera para los elementos estructurales auxiliares de distribución de cargas tales como vigas perimetrales y vigas para el entramado de piso dada su liviandad y mantener la economía del material.

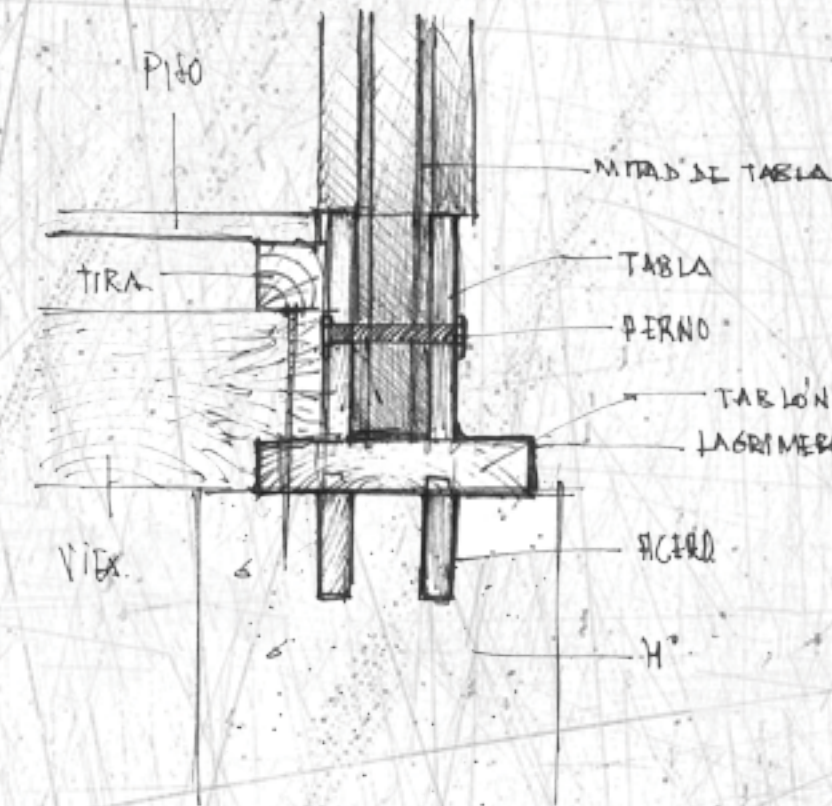


Figura 36.  
Detalle de unión panel - viga

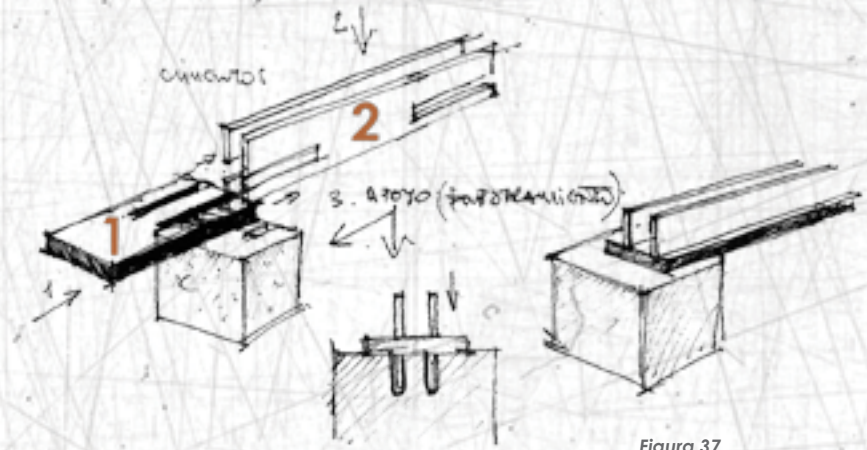


Figura 37.  
Proceso de armado de la viga

Por medio del mismo sistema utilizado en el panel estructural se podrían conformar las vigas perimetrales o vigas principales, ya que las piezas horizontales (1) evitan la apertura o separación entre las verticales (2), también reciben parte de la carga vertical. Ver figura 37

El principio básico de la relación entre el peralte y el canto de una viga permite que estos elementos verticales (2) absorban el esfuerzo de flexión que producen las cargas axiales.



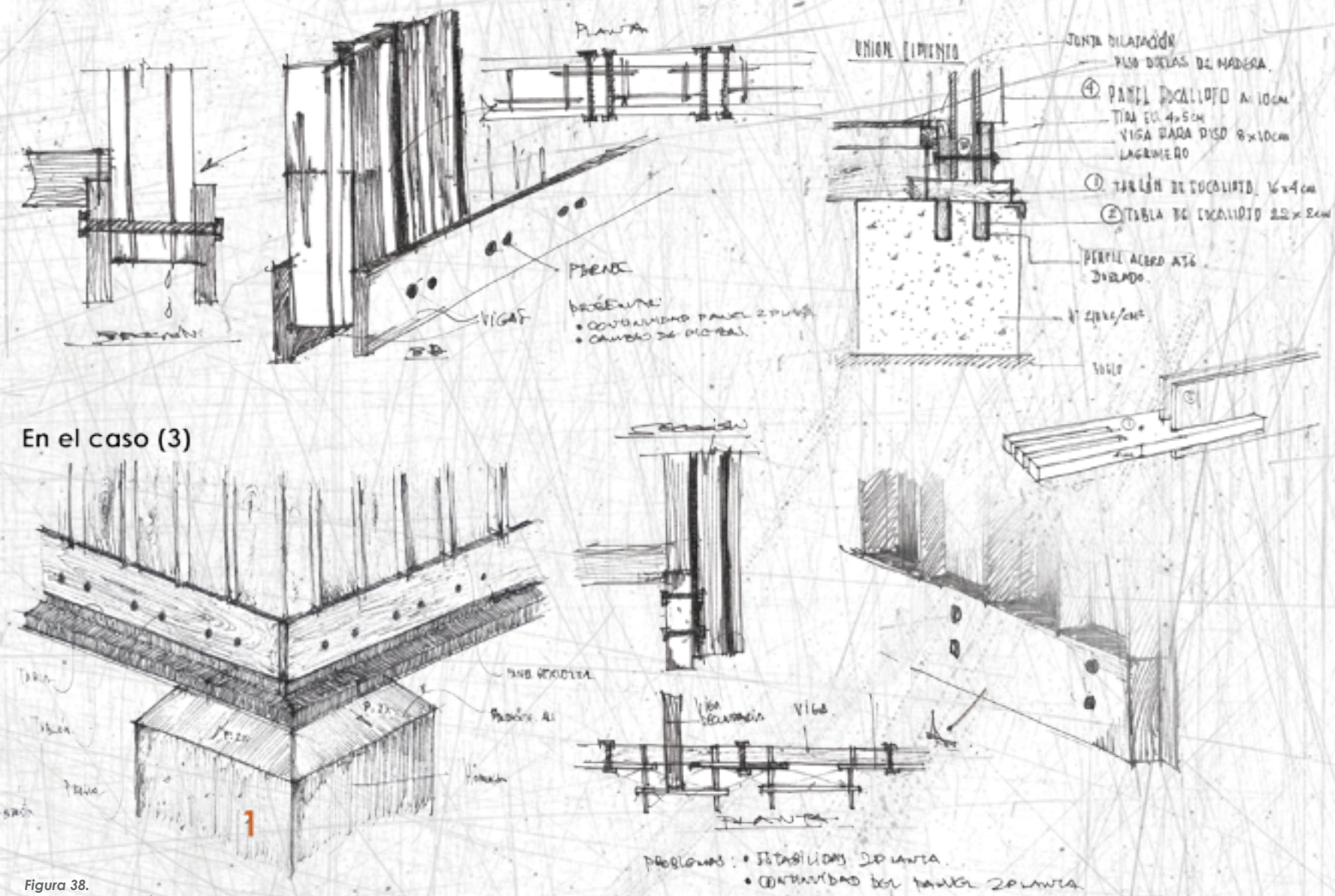


Figura 38.  
Alternativa de unión panel- viga-cimiento

## PROPUESTAS DE DISEÑO

DEFINICIÓN DEL PROTOTIPO FINAL



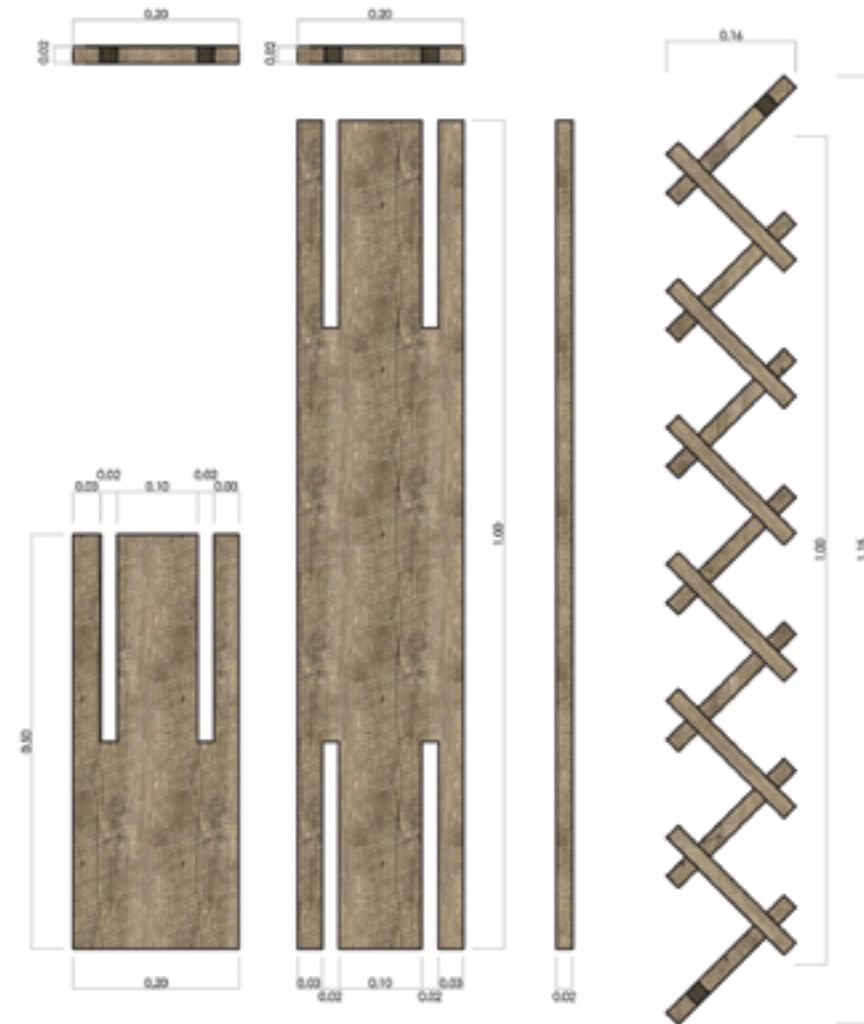
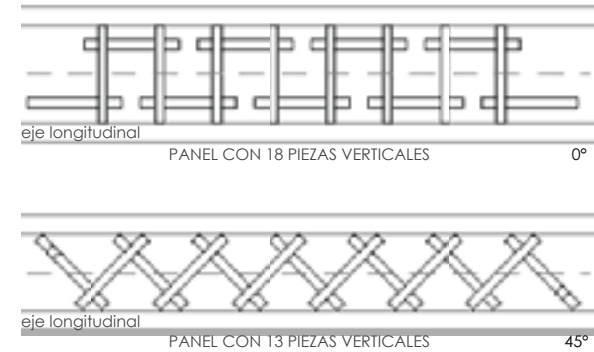


Figura 39.  
Propuesta de diseño 01 (conjunto de piezas y vista en planta del panel)

## 5. PROPUESTA DE DISEÑO

### 5.1. PROPUESTA 01

El primer prototipo parte del proceso de diseño, se realizan secciones a doble horquilla sobre tablas de madera; estas dos únicas piezas conforman el panel formando un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a un eje longitudinal. De esta manera se disminuye la cantidad de madera a comparación del mismo sistema con un ángulo de  $0^\circ$ .



Este sistema resulta sencillo y aplicable a escala real, ya que permitiría montar las piezas de manera rápida sin maquinaria, y no necesitaría de otro elemento para sujeción (podría incluirse por seguridad). De preferencia es mejor trabajar con la menor cantidad de piezas para disminuir costos y la complejidad del montaje.

Un aspecto a comprobar es que el ensamble de las piezas con la utilización de doble horquilla al estar encajadas entre sí, controlen en cierto modo las deformaciones de la madera. Esto se verificaría en las pruebas a escala real.

Los formatos al que han sido dimensionadas las piezas respetan el tamaño al que se vende la madera en el mercado, por esto en un principio se consideró la altura del panel de 2 metros para que sean las soleras y vigas de entrepiso las que compensen la altura adecuada entre piso y entrepiso.

## PROCESO DE ARMADO

1. Piezas Base de 200mm x 500mm y 20mm de espesor con cortes a doble horquilla en el sentido longitudinal de la pieza a  $45^\circ$  del eje x-x.
2. Piezas de 200mm x 1000mm y 20mm de espesor perpendicular a las piezas base con doble horquilla en los dos sentidos de su longitud.
3. Piezas Medianeras de 200mm x 1000mm y 20mm de espesor perpendiculares a las anteriores.
4. Piezas de 200mm x 1000mm y 20mm de espesor perpendiculares a las anteriores.
5. Piezas Base de 200mm x 500mm y 20mm de espesor usadas como cierre del panel, perpendiculares a las anteriores.

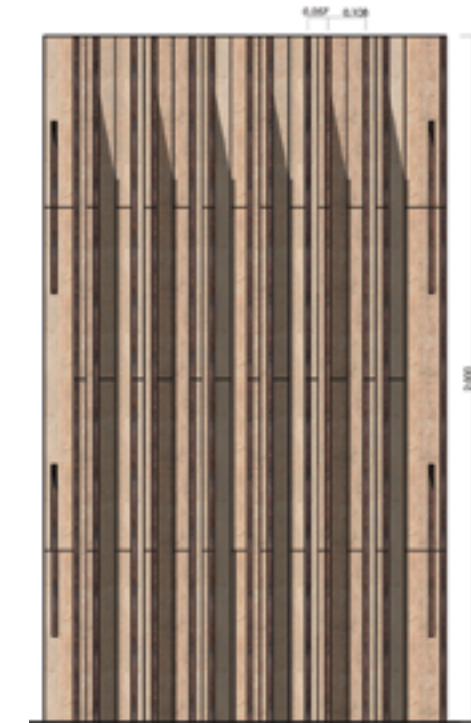


Figura 40.  
Propuesta de diseño 01. Elevación y proceso de armado.

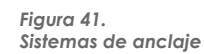




## SISTEMA DE ANCLAJE

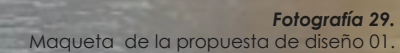
Los elementos de madera no pueden estar simplemente apoyados o empotrados. Deben estar sujetos de algún modo que certifique la seguridad de la estructura en general, ya que esta debería trabajar como un solo elemento.

Como se mencionaba anteriormente la complejidad que representaba la unión con otros elementos estructurales era obvia, debido al ángulo en el que están dispuestas las piezas.



Para optimizar el tiempo de cortado de las piezas, se tiene que tomar en cuenta los tipos de cortes que pueden realizar las máquinas de una carpintería de la localidad. Normalmente se puede encontrar máquinas de cierra circular y máquina para canteado.

Estos elementos al tener un espesor reducido pueden llegar a fracasar al ser atravesados con clavos o pernos por ejemplo. Más aún al atravesar a un ángulo de  $45^\circ$  ya que estaría yendo en contra de las fibras (teniendo en cuenta que estas sean regulares). Esto incrementa la posibilidad de fallas en los anclajes al estar sujetos a otros elementos estructurales.







La segunda propuesta vendría a ser una mejora o corrección de la primera. Dada las dificultades mencionadas en cuanto a las uniones con otros elementos. Las piezas a utilizarse serían las mismas, simplemente cambia el ángulo en que se encajan las piezas.

En este modelo se ha planteado el mismo concepto pero con las piezas base dispuestas a un ángulo de  $90^\circ$  con respecto al eje longitudinal en colocación del panel. De esta manera la sujeción entre elementos se realizará de manera más efectiva y los cortes que sean necesarios podrían requerir menos tiempo o mano de obra.

Si bien este modelo utiliza mayor cantidad de material, como se mencionó en la primera propuesta, puede compensar con la facilidad de anclajes. No obstante el espesor con el que se comenzó trabajando es el mismo de una tabla, es decir, un aproximado entre 18 y 23mm, lo cual podría llegar a reducirse.

En este punto también se tiene en cuenta el paso de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas realizando secciones en algunas piezas. Una potencial ventaja sobre la disposición actual de estas sería la facilidad en la colocación de cierto tipo de material aislante térmico o acústico como por ejemplo el poliestireno expandido o esponja.

A partir de este diseño se comenzó a dar solución a la unión con las vigas que transmiten las cargas, también se pensó en un diseño de viga aplicada al proyecto; el cual pueda acoplarse de mejor manera al diseño del panel. hay que tomar en cuenta que el sistema tradicional de soleras, en donde se usan secciones rectangulares de madera, no sería el más apto sobre todo por un tema de continuidad estructural, es decir, que funcionen como un solo cuerpo.

1. Piezas Base de 200mm x 500mm y 20mm de espesor con cortes a doble horquilla en el sentido longitudinal de la pieza a 90° del eje x-x.
2. Piezas de 200mm x 1000mm y 20mm de espesor perpendicular a las piezas base con doble horquilla en los dos sentidos de su longitud.
3. Piezas Medianeras de 200mm x 1000mm y 20mm de espesor perpendiculares a las anteriores.
4. Piezas de 200mm x 1000mm y 20mm de espesor perpendiculares a las anteriores.
5. Piezas Base de 200mm x 500mm y 20mm de espesor usadas como cierre del panel, perpendiculares a las anteriores.





## COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL

Se pensó en una viga con el mismo tipo de unión a horquilla con piezas proporcionales al tamaño del panel, de esta manera estas pueden ser transportadas más fácilmente y armada en obra. También facilitaría el hecho del transporte a pie desde el vehículo hasta el lugar de emplazamiento de la casa y de igual manera la colocación dado el peso de la madera.

Tomando como formato un tablón de madera de 3 metros de largo, 20cm de ancho y 4 a 5cm de espesor se plantearon algunas soluciones para estas vigas como se muestra en la figura 45 y 46. Algunos de ellos presentaban algunos problemas como por ejemplo la generación de cortes continuos en el panel, la discontinuidad entre los elementos que componen la viga o la necesidad de otro tipo de refuerzos, entre otros.

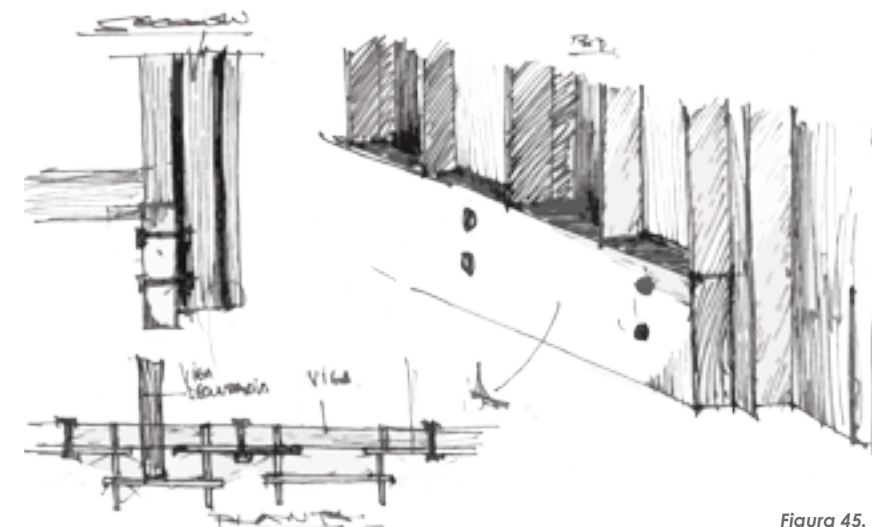


Figura 45.  
Propuesta de unión viga - panel

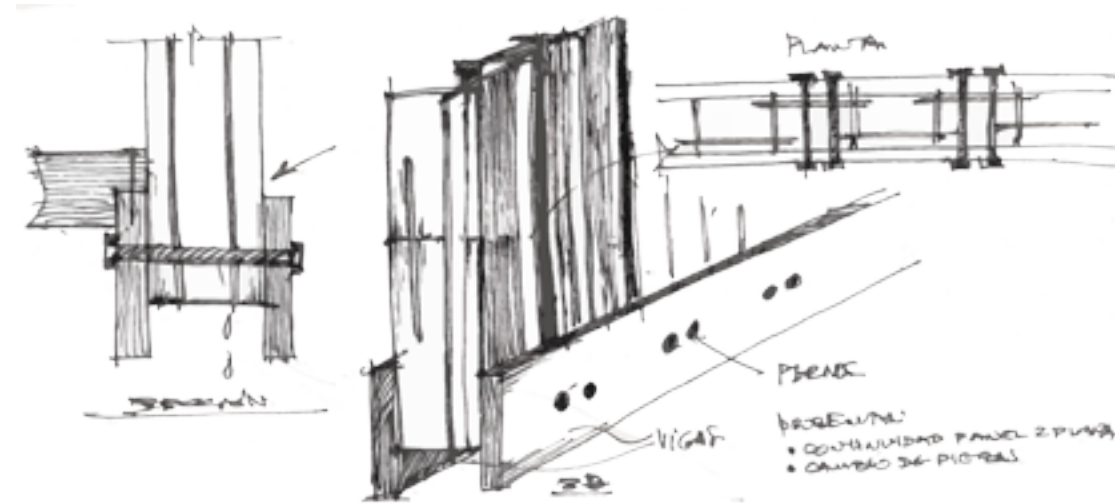


Figura 46.  
Propuesta de unión viga - panel

En este proceso se comenzaron a encontrar problemas de estancamiento y filtración de agua entre las uniones con las vigas, de manera que el envigado podría responder al diseño del panel. También había que solucionar el encuentro entre vigas de piso y cimientos.

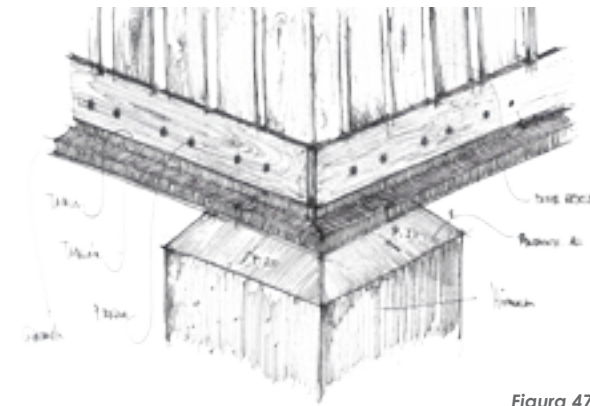


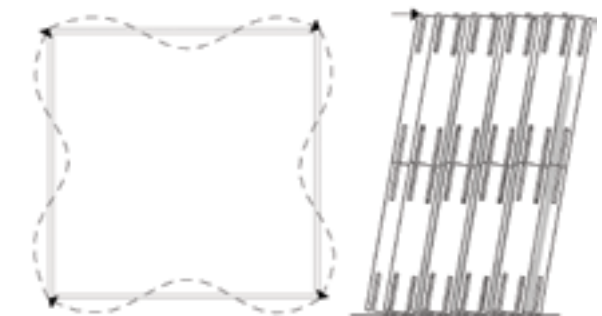
Figura 47.  
Propuesta de unión viga de piso - cimiento

## COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

Mediante la composición de maquetas a escala reducida se fue comprobando desde el primer prototipo cierto comportamiento en el panel.

Algunos de estos aspectos fueron la falta de rigidez tanto en sentido longitudinal de colocación del panel como en el sentido transversal. Por lo que se observó como posible solución el empotramiento de los paneles a las vigas principales superiores e inferiores.

Un segundo aspecto fue la separación entre las piezas que conforman el panel y entre paneles y vigas por medio de un simulación de movimiento sísmico en el modelo a escala y la aplicación de cargas laterales al prototipo.



Desde ya se conoce que ni el panel puede ir simplemente apoyado o empotrado, ni las piezas que lo componen pueden ir simplemente trabadas entre sí, ya que los esfuerzos ante un sismo pueden llegar a deshabilitar la estructura y a debilitar hasta que esta colapse.

En lo posterior se tendría que analizar mediante un cálculo aproximado cual es la relación apta en cuanto a la altura con relación al espesor del panel, para comprobar que no sea demasiado esbelto o robusto.

De manera que este tenga una estabilidad adecuada y resista al esfuerzo de volcamiento en relación con la carga que reciba.

También se puso a prueba la resistencia de un prototipo a escala 1:10 realizado con madera de balsa de 2mm. Con esto se comprobó la eficacia en la sujeción tipo horquilla entre piezas, y también la inercia obtenida por la sección en planta.

Este modelo resistió 58.9 kgf de carga vertical o carga axial, lo cual tomamos como un buen resultado siendo que está a una escala 10 veces menor al tamaño real y con una madera de densidad aproximada de 0,10 a 0,20 gr/cm<sup>3</sup>.

Esta resistencia se debe la gran inercia que tiene esta sección la cual se asemeja a la composición de varios perfiles de acero estructural colocados sucesivamente, tanto vertical como horizontalmente como se muestra en la figura 48.

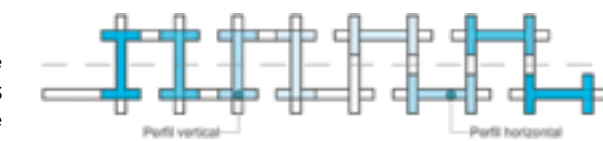
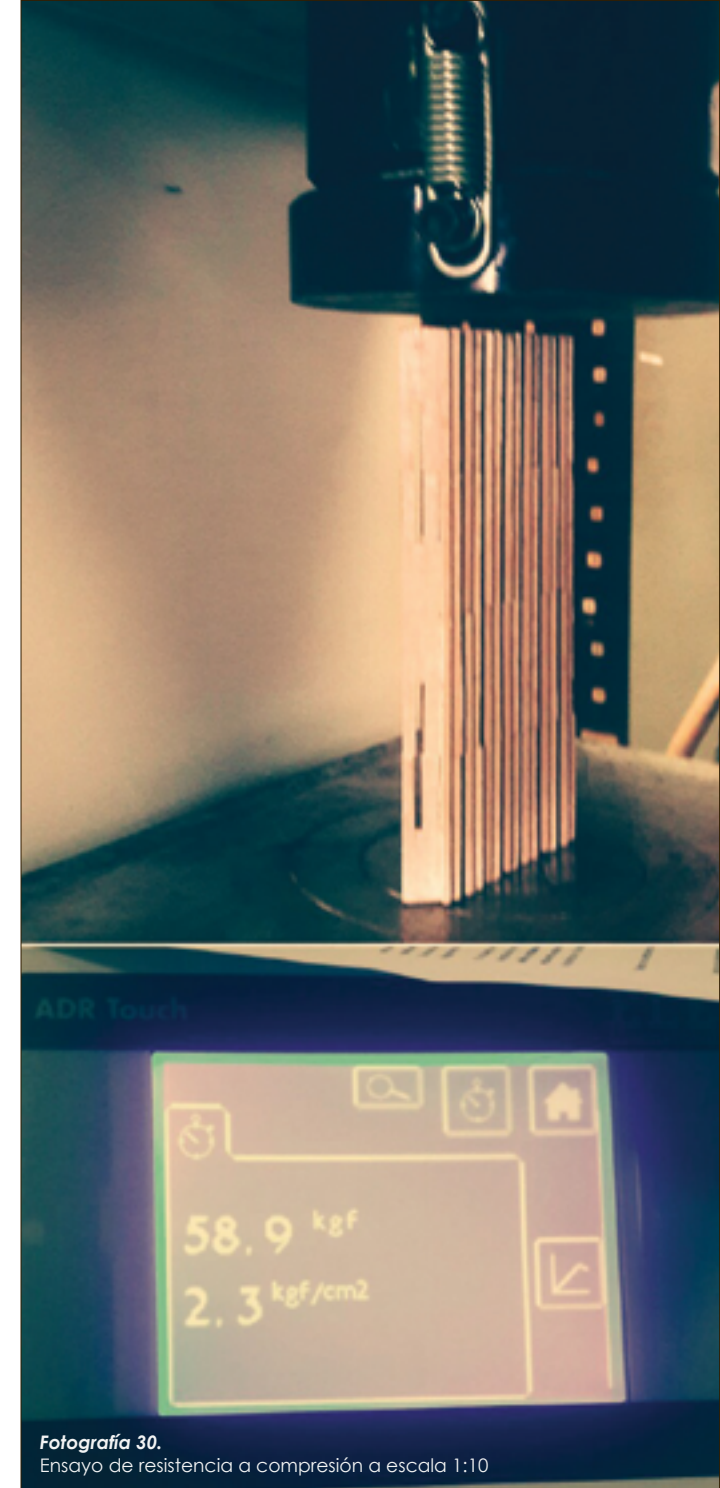


Figura 48.  
Posición de elementos estructurales



Fotografía 30.  
Ensayo de resistencia a compresión a escala 1:10



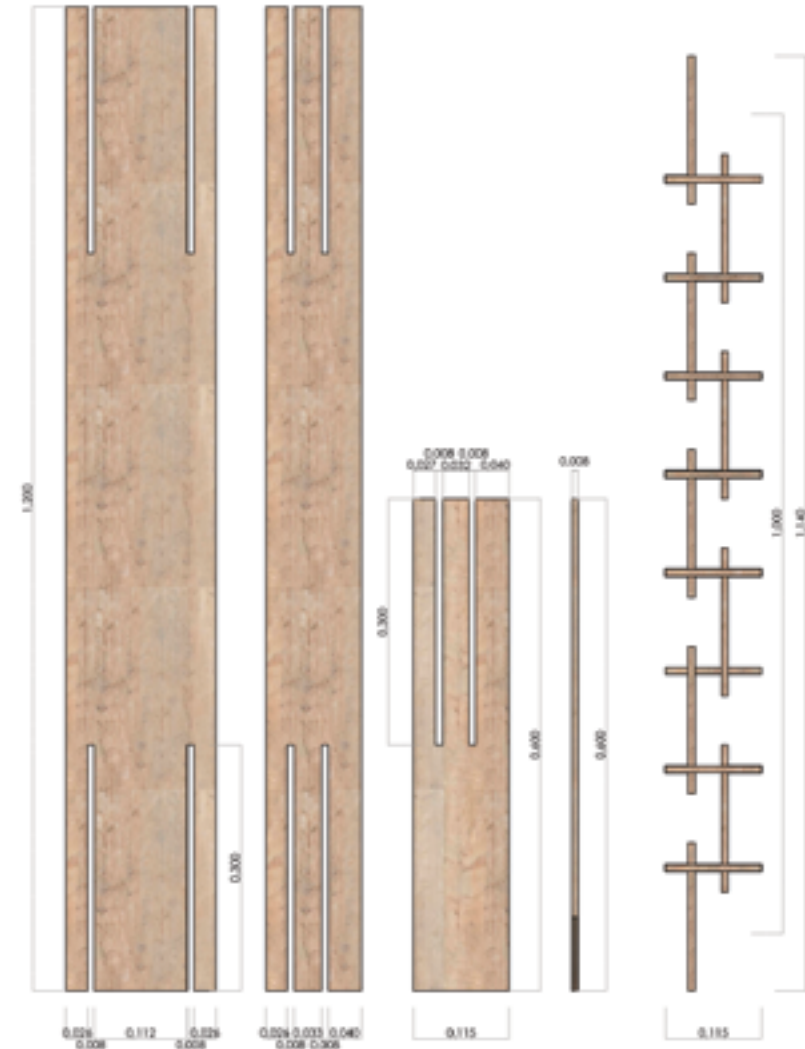


Figura 49.  
Propuesta de diseño 03 (conjunto de piezas y vista en planta del panel)

### 5.3. PROPUESTA 03

Como todo proceso de diseño en este último modelo se ha perfeccionado varios aspectos principalmente lo estructural, se tiene como resultado ciertos cambios en la forma pero sin perder su calidad estética, ni la idea base del entrelazado de piezas.

Luego de analizar en mejor manera los formatos extraíbles de una tabla de 3 metros sea en eucalipto o 2,70 metros en pino (tamaños encontrados en los puestos de distribución de la ciudad); se realizó un cambio en los tamaños de las piezas tanto en su longitud como en su espesor y posteriormente también el su ancho.

La longitud de las piezas pequeñas ya no serían de 0.50m de longitud sino de 0.60m, las de 1m ahora de 1,20m. Cambios que se dieron, dada la generación de las vigas que ahora serían aplicadas únicamente para este prototipo, las cuales no aportarían a elevar la altura del cielo raso a una altura de 2,40m como se había previsto en un principio, valor que ha sido adoptado como referencia tipo según otros prototipos de paneles existentes de 2,44m de alto.

Ahora bien, el espesor ha sido puesto a prueba por medio del cálculo de cargas verticales (ver fotografía 29), se llegó a comprobar que la cantidad de carga que recibe el panel está sobre-dimensionado. Por lo que, se realizó un seccionamiento de la tabla por la mitad para generar las nuevas piezas, así también reduce la cantidad de material utilizado, lo que se genera un espesor entre 7 a 9 mm ya que la sierra circular común desgasta un aproximado de 3mm en la madera. También se redujo la inercia que consigue el ancho del panel que por un momento estuvo en 20cm de ancho (como se muestra en el prototipo anterior) a 11,5cm por el mismo motivo de sobre dimensionamiento, cambio que se dio en las piezas base y medianeras.

### PROCESO DE ARMADO

1. Piezas Base de 100mm x 600mm y 8mm de espesor con cortes a doble horquilla en el sentido longitudinal de la pieza a 90° del eje x-x.
2. Piezas de 180mm x 1200mm y 8mm de espesor perpendicular a las piezas base con doble horquilla en los dos sentidos de su longitud.
3. Piezas Medianeras de 100mm x 1200mm y 8mm de espesor perpendiculares a las anteriores.
4. Piezas de 200mm x 1200mm y 8mm de espesor perpendiculares a las anteriores.
5. Piezas Base de 100mm x 600mm y 8mm de espesor usadas como cierre del panel, perpendiculares a las anteriores.

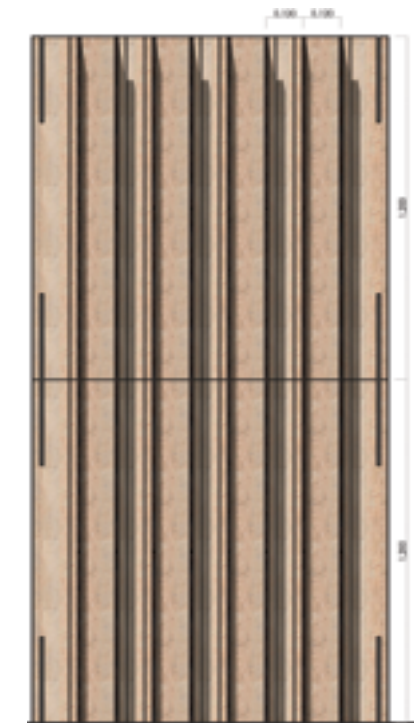
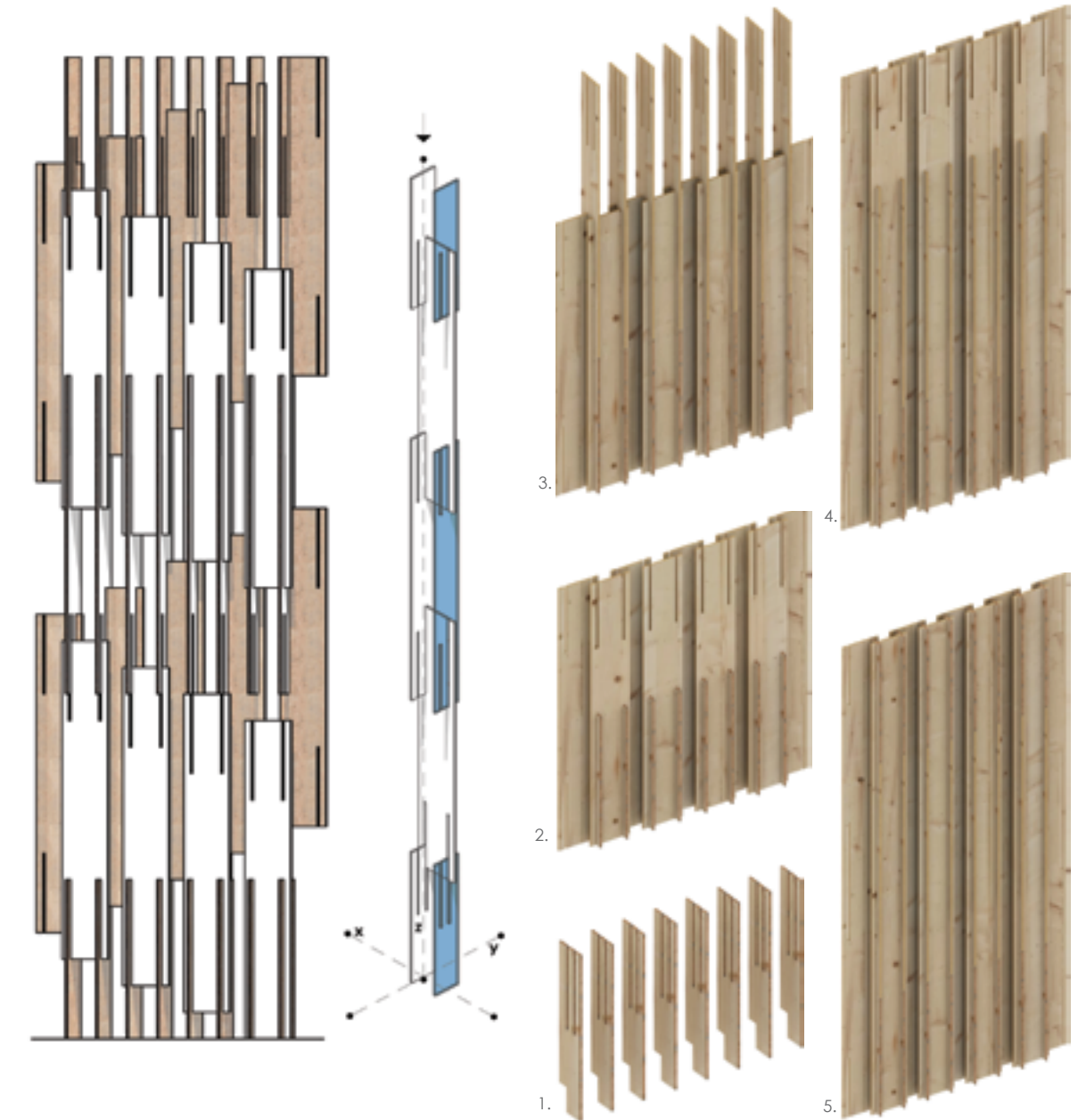


Figura 50.  
Propuesta de diseño 03. Elevación y proceso de armado.







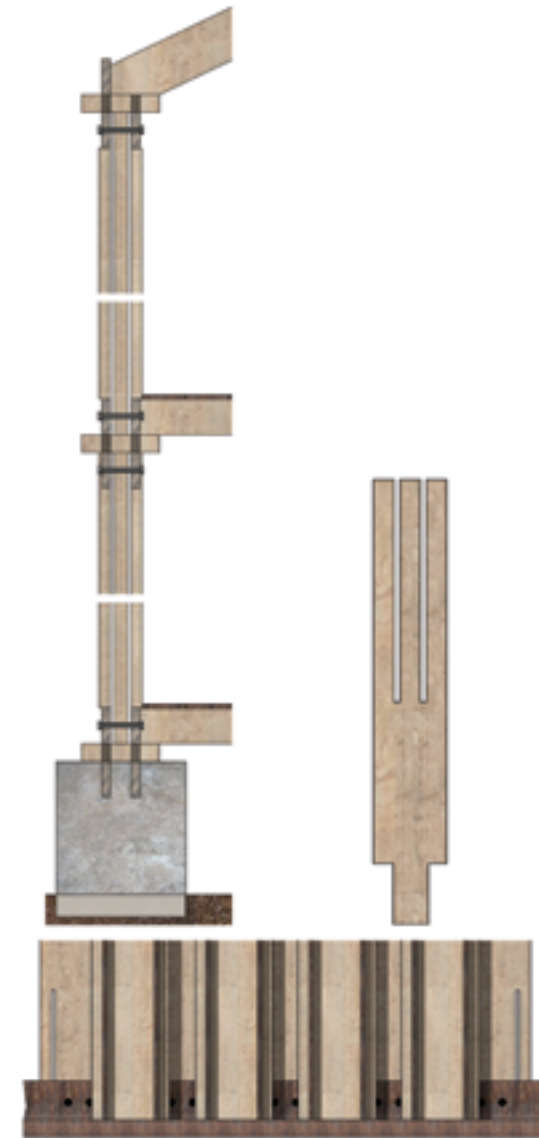
#### 5.4. DEFINICIÓN DE VIGAS

Las vigas, en la propuesta son elementos de distribución de cargas, esta vinculado directamente con el panel; el cual se necesita resolver el diseño de las vigas que trabajan en conjunto con el panel.

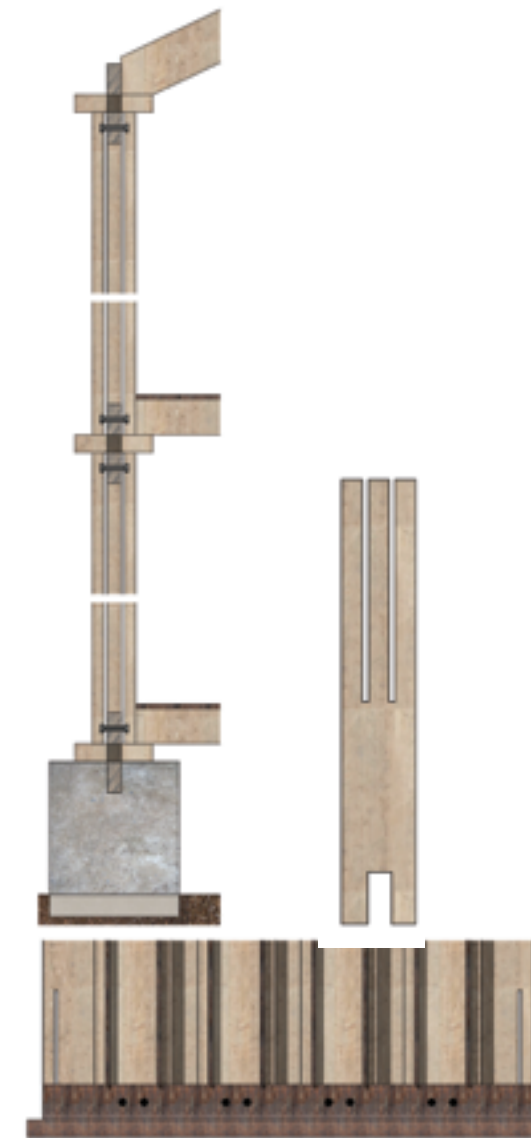
En la propuesta (1), los paneles quedan anclados por medio de pernos en ambos lados mediante dos tablas en sentido longitudinal y en posición vertical, que a la vez se conectan a un tablón en posición vertical con un corte a doble horquilla en sus dos extremos para dar continuidad a la viga. Ver figura 51.

La viga de la propuesta (2), tiene la particularidad de cruzar en medio del panel. Con la finalidad de obtener una sección en la base, para aplicar el cruce de un tablón que sirva de anclaje para los paneles; a su vez este tablón se conecta con otro perpendicular ambos con un corte a horquilla en ambos sentidos. Ver figura 52.

La propuesta (3), es el resultado de la mejora de algunas alternativas que se han podido obtener como solución al diseño de la viga para el anclaje del panel. Aquí se realiza un destaje en las piezas base del panel para que la viga cruce dentro de la vivienda sin estar sometida a la intemperie. Estas vigas reciben también la carga de la estructura del piso y de la cubierta. Ver figura 53.



**Figura 51.**  
Diseño de viga en H, propuesta 01.



**Figura 52.**  
Diseño de viga en cruz, propuesta 02.



**Figura 53.**  
Diseño de viga en cruz desplazada, propuesta 03.







**Figura 54.**  
Panel estructural prototipo final (elementos,  
elevación y planta)



### SECUENCIA CONSTRUCTIVA

Para el proceso de construcción del prototipo se considera la siguiente secuencia como la metodología a seguir para su armado; se coloca cuatro piezas base de 60cm en sentido transversal (01), sobre las cuales se ensambla cinco piezas de 120cm en sentido longitudinal (02, 03); se continua con la colocación de las cuatro piezas transversales siguientes de 120cm (04, 05), nuevamente se ensamblan cinco piezas longitudinales de 120cm (06, 07).

Para completar el panel, se colocan cuatro piezas transversales de cierre de 60cm en la parte superior (08, 09). Al finalizar con el armado del panel se procede a la colocación de los rigidizadores verticales como se muestra en el paso 11; y como proceso final se ancla el panel a la viga inferior y superior mediante pernos (12), concluyendo con el proceso de armado.



01.



02.



03.



04.



05.



06.







**Figura 55.**  
Proceso de armado del panel







## 6.2. PROCESO DE ELABORACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PANEL

### 6.2.1. ELABORACIÓN DE PIEZAS EN ASERRÍO



Fotografía 32.  
Canteado y cepillado de la madera



Fotografía 33  
Dimensionamiento de piezas



Fotografía 34.  
Cortado de piezas



Fotografía 35.  
Destaje de piezas



Fotografía 36.  
Obtención de piezas tipo 1



Fotografía 37.  
Obtención de piezas tipo 2







### 6.2.2. ARMADO DEL PANEL

Proceso de armado del panel



Fotografía 38.  
Colocación de piezas iniciales



Fotografía 39.  
Colocación de piezas longitudinales (inferiores)



Fotografía 40.  
Colocación de piezas transversales (inferiores)



Fotografía 41.  
Colocación de piezas longitudinales (superiores)



Fotografía 42.  
Secuencia de piezas longitudinales (superiores)



Fotografía 43.  
Panel estructural-prototipo final







### 6.2.3. PROCESO DE ANCLAJE A LA VIGA



Fotografía 44.  
Perforación de huecos para pernos de anclaje



Fotografía 45.  
Armado de viga



Fotografía 46.  
Perforación del panel y viga



Fotografía 47.  
Anclaje de panel a la viga mediante pernos



Fotografía 48.  
Unión de paneles esquineros



Fotografía 49.  
Solución de unión de panel en esquina







Fotografía 50.  
Colocación de la viga superior



Fotografía 51.  
Unión de esquina



Fotografía 52.  
Sección constructiva a escala real



Fotografía 53.  
Colocación de pernos internos



Fotografía 54.  
Colocación de pernos externos





# 7. APLICACIÓN DEL PANEL A LA PROPUESTA DE VIVIENDA SOCIAL

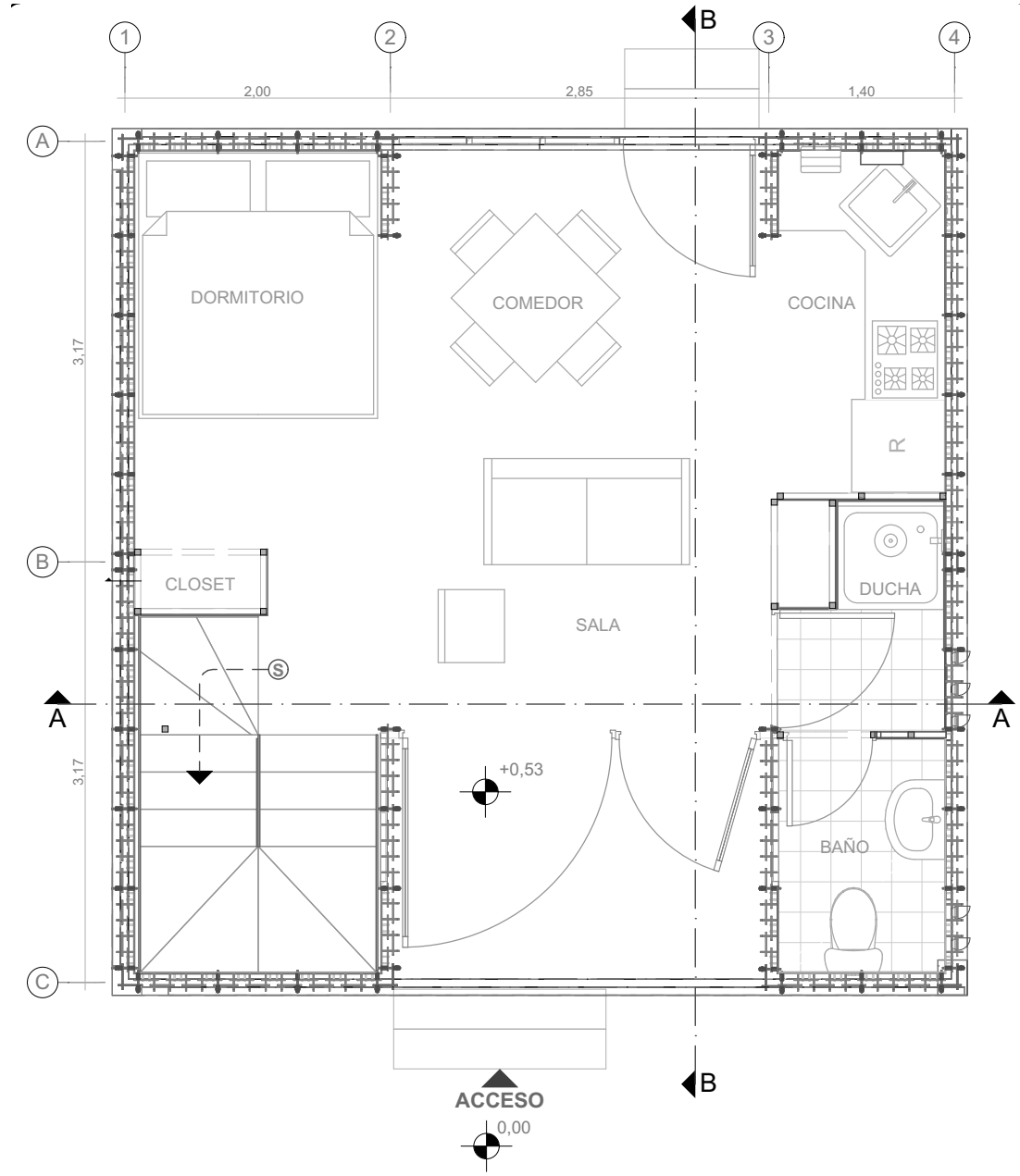
Al obtener el prototipo final del panel estructural, se requiere la aplicación a una vivienda para la comprobación de su funcionamiento; se ha seleccionado una vivienda pre-diseñada dentro del grupo de investigación In\_Lab Cuenca, elaborado en el desarrollo de titulación, *Diseño de núcleo básico con el presupuesto adquirido por el bono de la vivienda y su posterior crecimiento. Formas de habitar, criterios bioclimaticos y sistemas constructivos sostenibles.*

De esta manera se certifica la versatilidad que el panel tiene para ser acoplado a cualquier diseño de vivienda que se requiera aplicar; presenta soluciones de encuentros capaces de resolver posibles situaciones de uniones que pueda presentar una vivienda (encuentro de paredes en esquinas, paredes en L, paredes en T, con elementos de carpintería, piso, cubierta, entramados de piso y áreas húmedas (recubrimiento auxiliar).

Tener en cuenta las recomendaciones expresadas en el manual de construcción para una mejor aplicación del panel como elemento estructural dentro de la vivienda, cumpliendo adecuadamente su función.

A continuación se muestra información de la vivienda para el entendimiento de espacios y funcionamiento estructural como conjunto, con la aplicación del panel tanto gráficos de plantas, elevaciones, secciones, modulación y detalles constructivos que explican de mejor manera la aplicación de este elemento estructural.

La distribución de espacios o diseño de la vivienda no corresponde a la investigación como objetivo o alcance de este trabajo de titulación; es decir solo se efectúa la aplicación del panel al diseño ya planteado con anterioridad.



PLANTA BAJA  
Esc: 1:50  
**Figura 56.**  
Prototipo de vivienda social





**Figura 57.**  
Prototipo de vivienda social



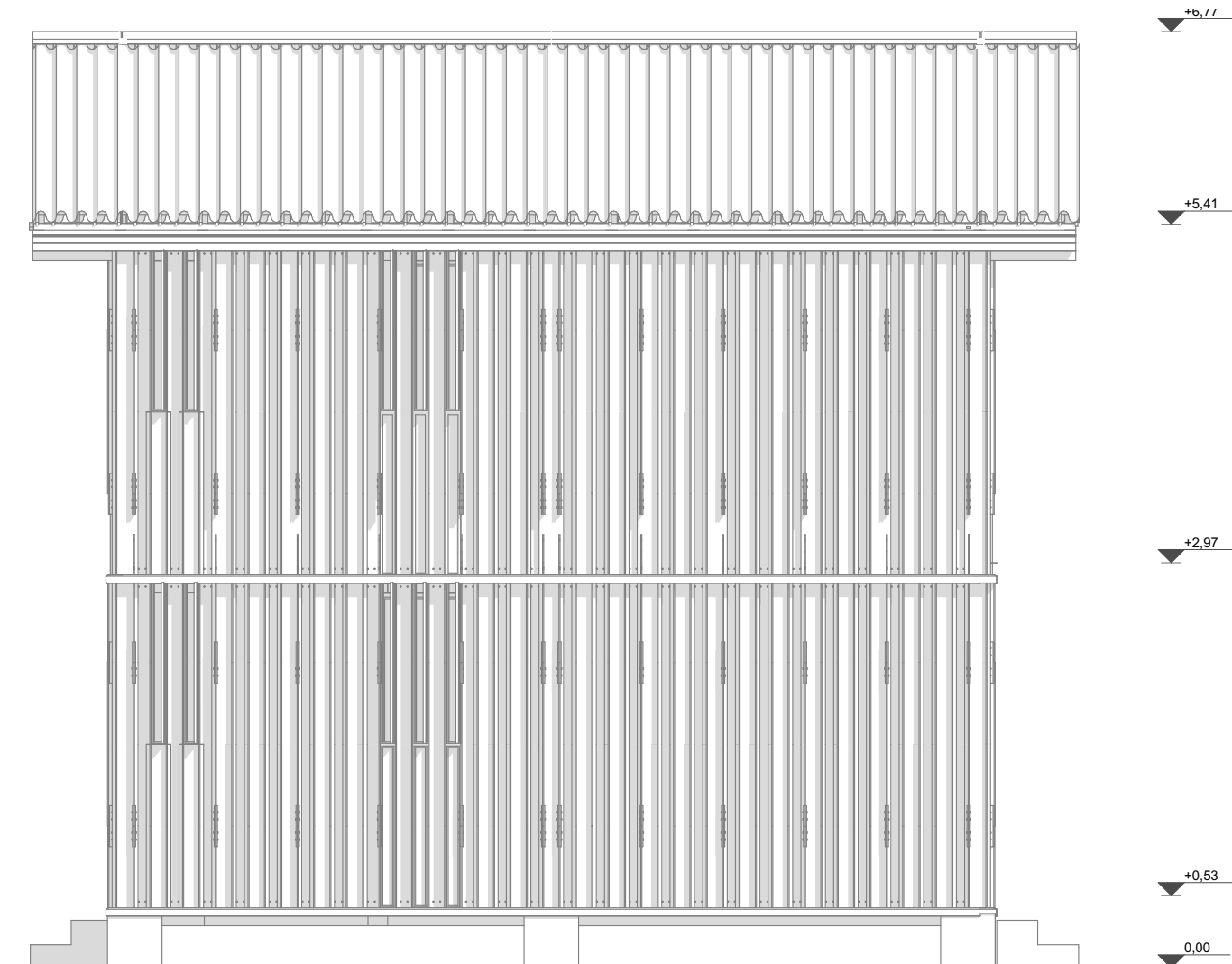
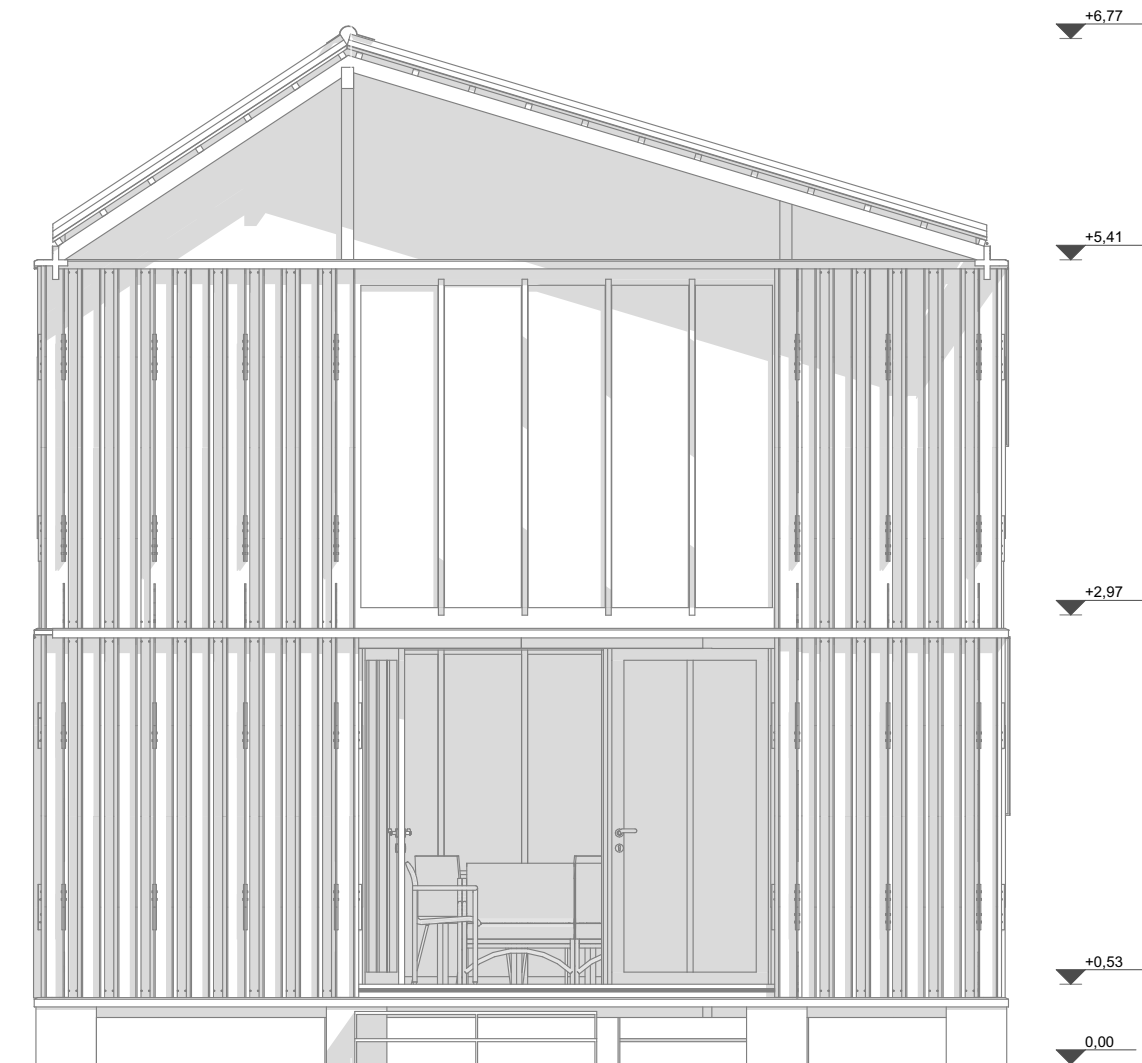
**Figura 58.**  
Prototipo de vivienda social





ELEVACIÓN FRONTAL  
Esc: 1:50

**Figura 59.**  
Prototipo de vivienda social



ELEVACIÓN LATERAL DERECHA  
Esc: 1:50

**Figura 60.**  
Prototipo de vivienda social

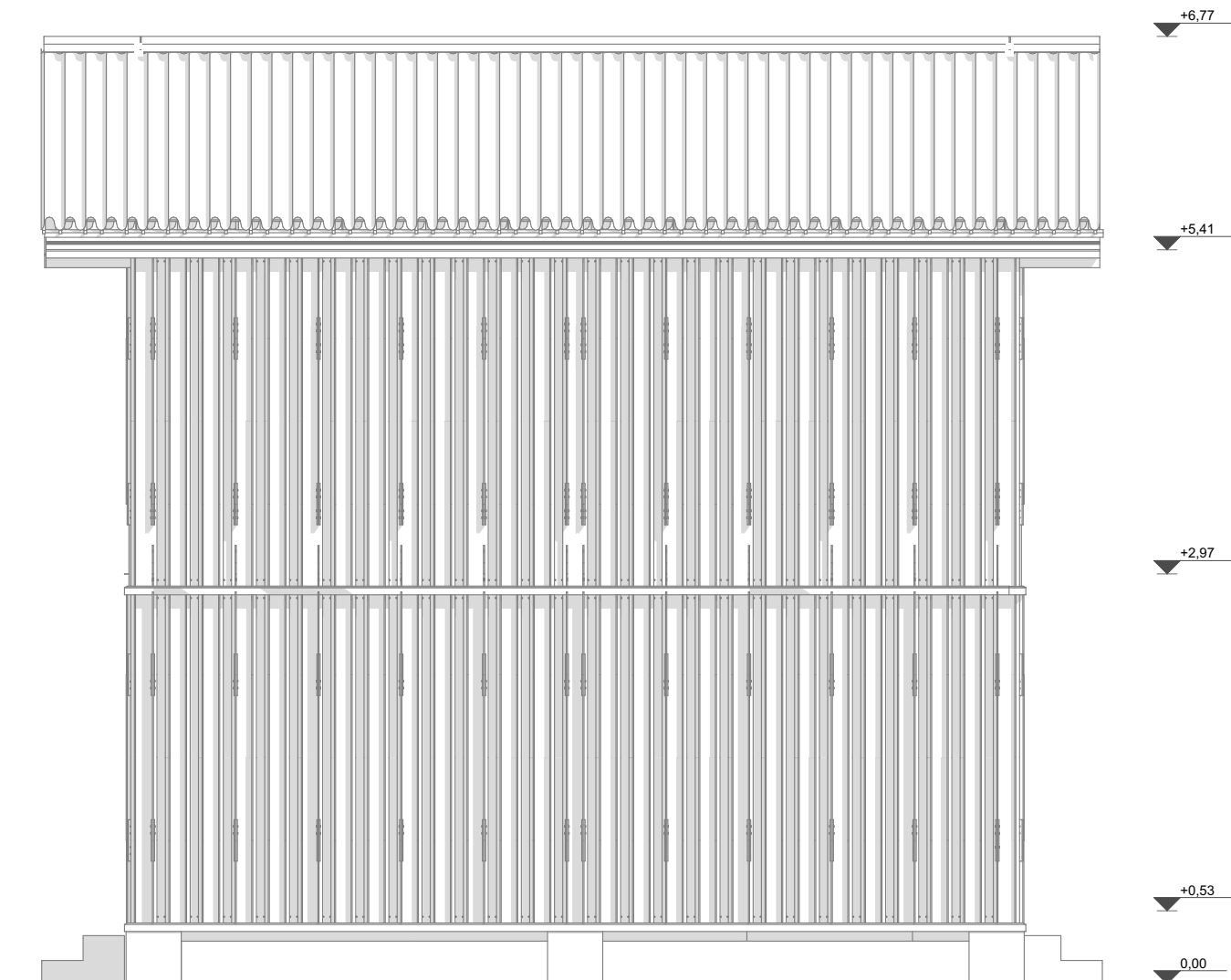
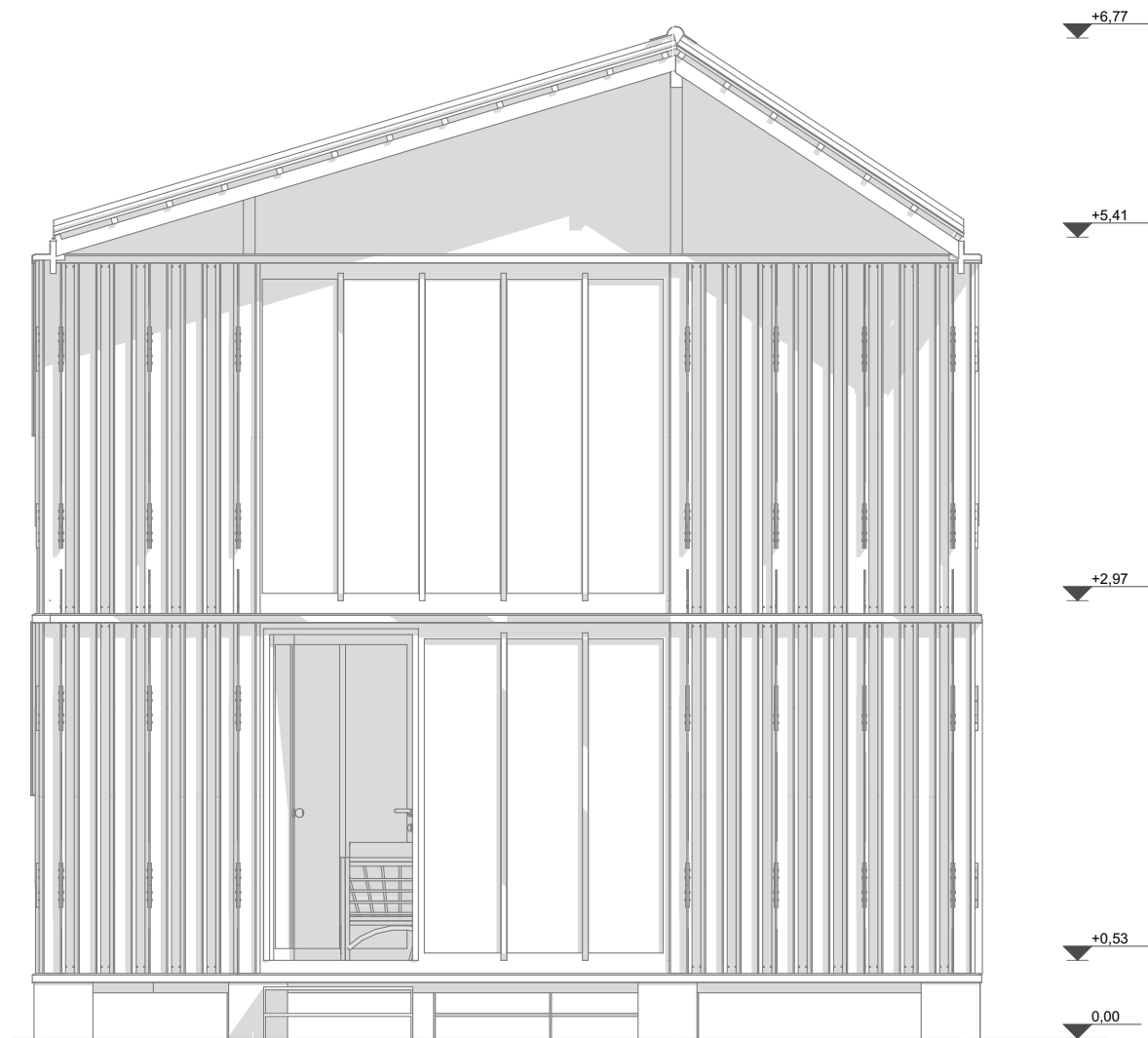






ELEVACIÓN POSTERIOR  
Esc: 1:50

**Figura 61.**  
Prototipo de vivienda social



ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA  
Esc: 1:50

**Figura 62.**  
Prototipo de vivienda social

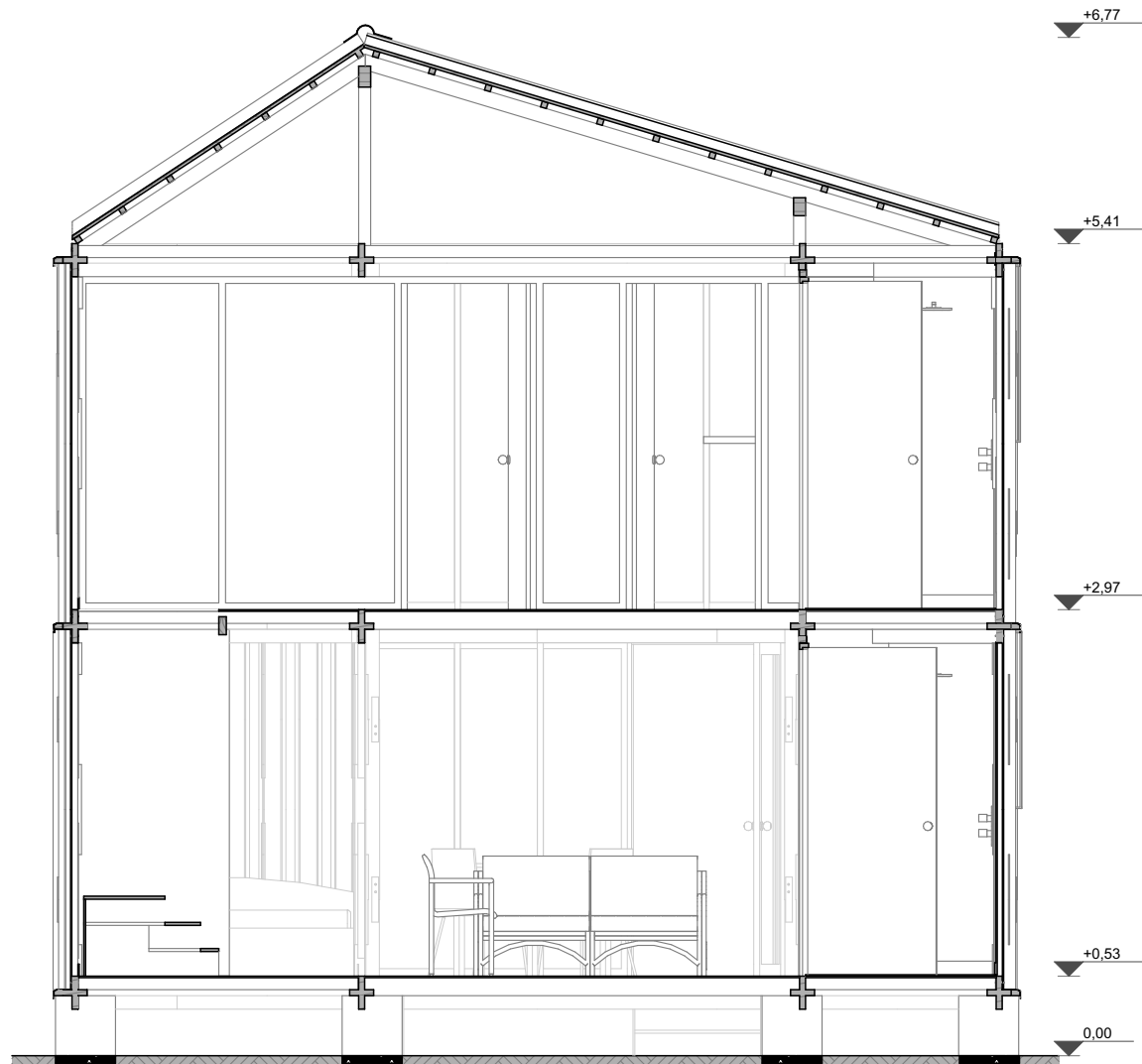






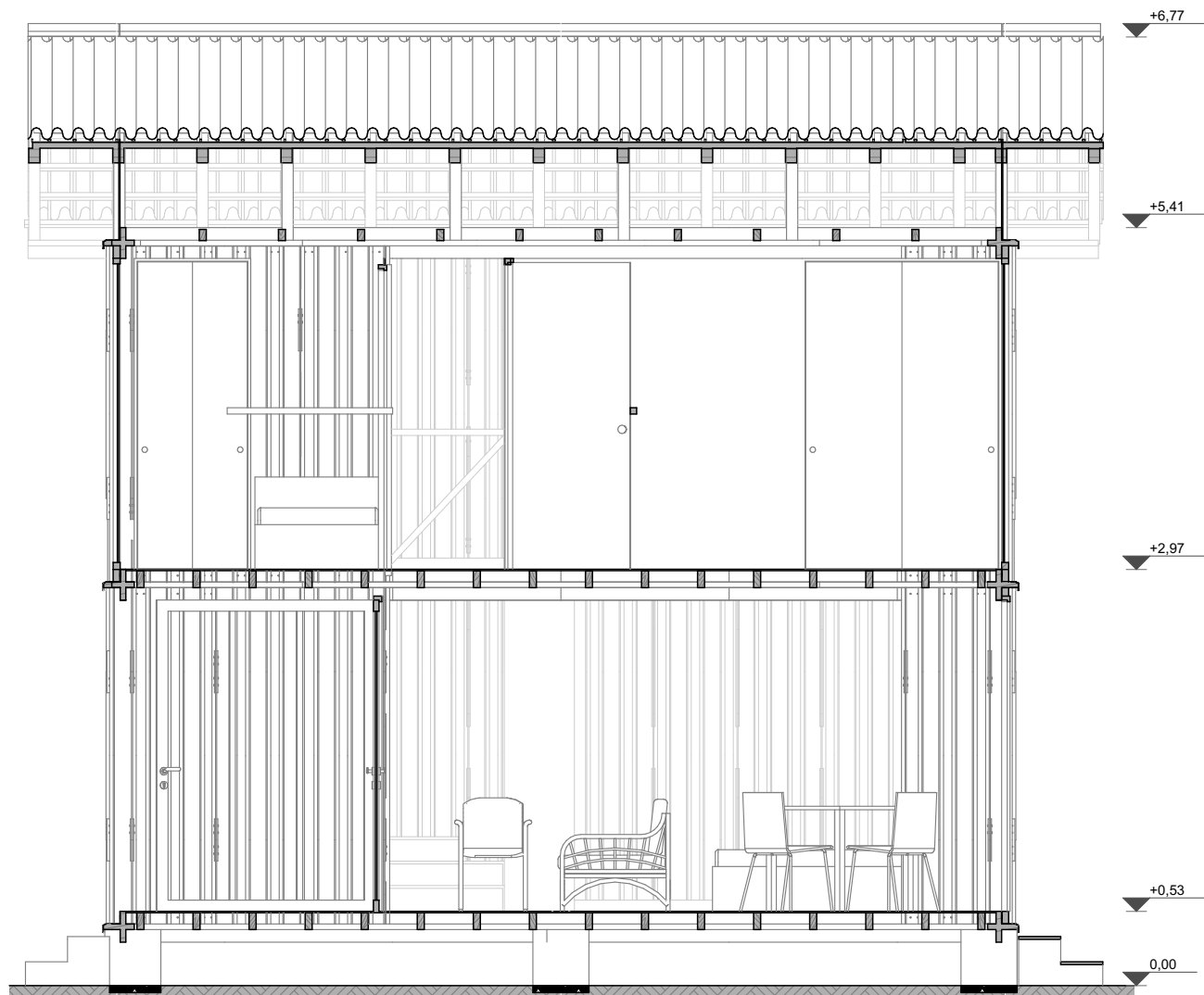
SECCIÓN A-A  
Esc: 1:50

**Figura 63.**  
Prototipo de vivienda social ESC: 1:50



SECCIÓN B-B  
Esc: 1:50

**Figura 64.**  
Prototipo de vivienda social ESC: 1:50



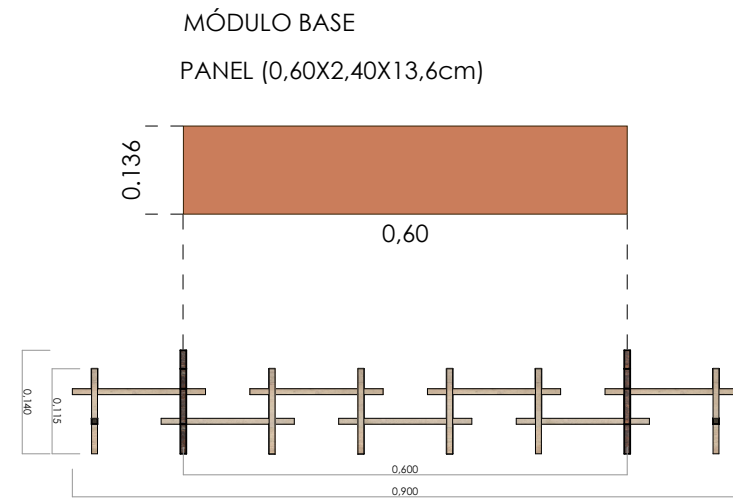


Figura 65.  
Módulo base del panel

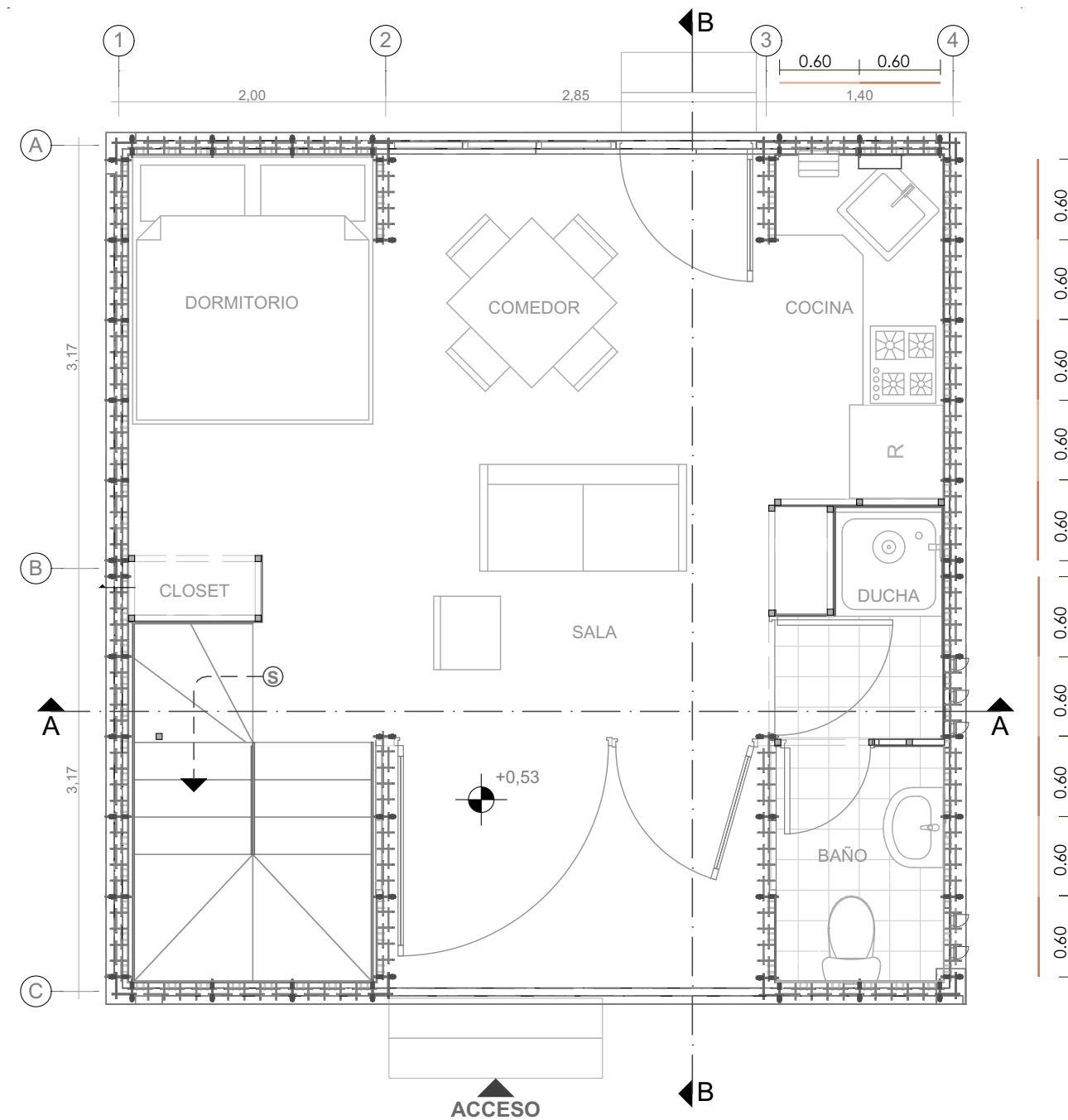
## 7.1. MODULACIÓN

El módulo base parte de la derivación de dimensiones en función a múltiplos de tres, relación que define los formatos de la madera, especialmente la longitud de la tabla que se encuentra en los 3mts. Se trata de ocupar la tabla en su totalidad sin generar desperdicios en la elaboración de las piezas.

El módulo base parte de la dimensión de 60cm, derivado de múltiplos de tres para las dimensiones de las piezas que conforman el panel.

Las dimensiones del panel son de 60cm por 240cm de altura, esto se debe a que el peso del panel se encuentra en el límite de la capacidad que un individuo puede cargar y movilizar sin ninguna dificultad alguna. En caso de un crecimiento en las dimensiones del panel, se deberá aumentar el numero de franjas que compone el panel considerando la verificación estructural del mismo.

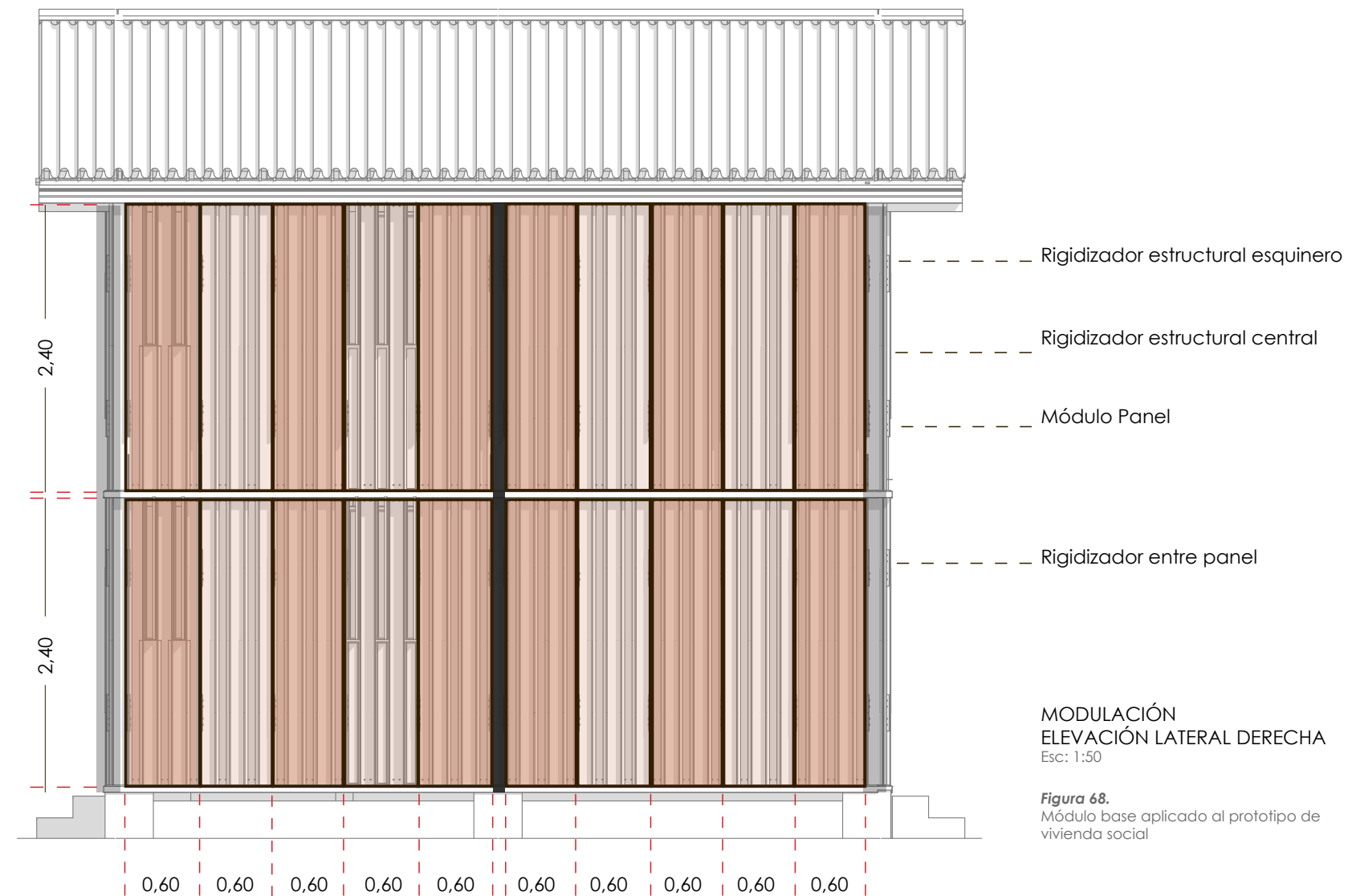
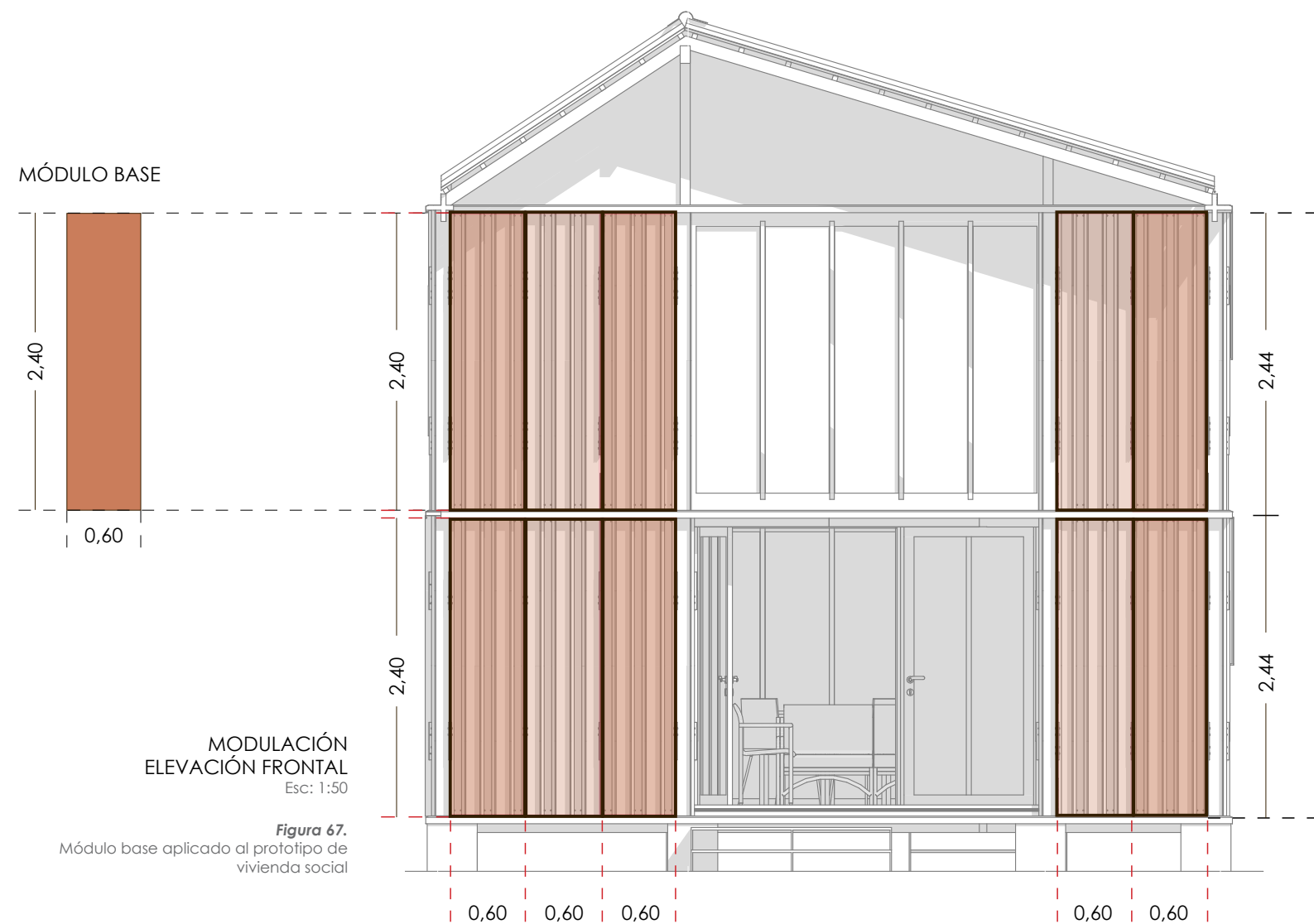
Se debe considerar que, el espesor del panel no responde a las dimensiones modulares, esto se debe a una respuesta al cálculo estructural, en función al área de distribución de carga.



MODULACIÓN PLANTA BAJA  
Esc: 1:50

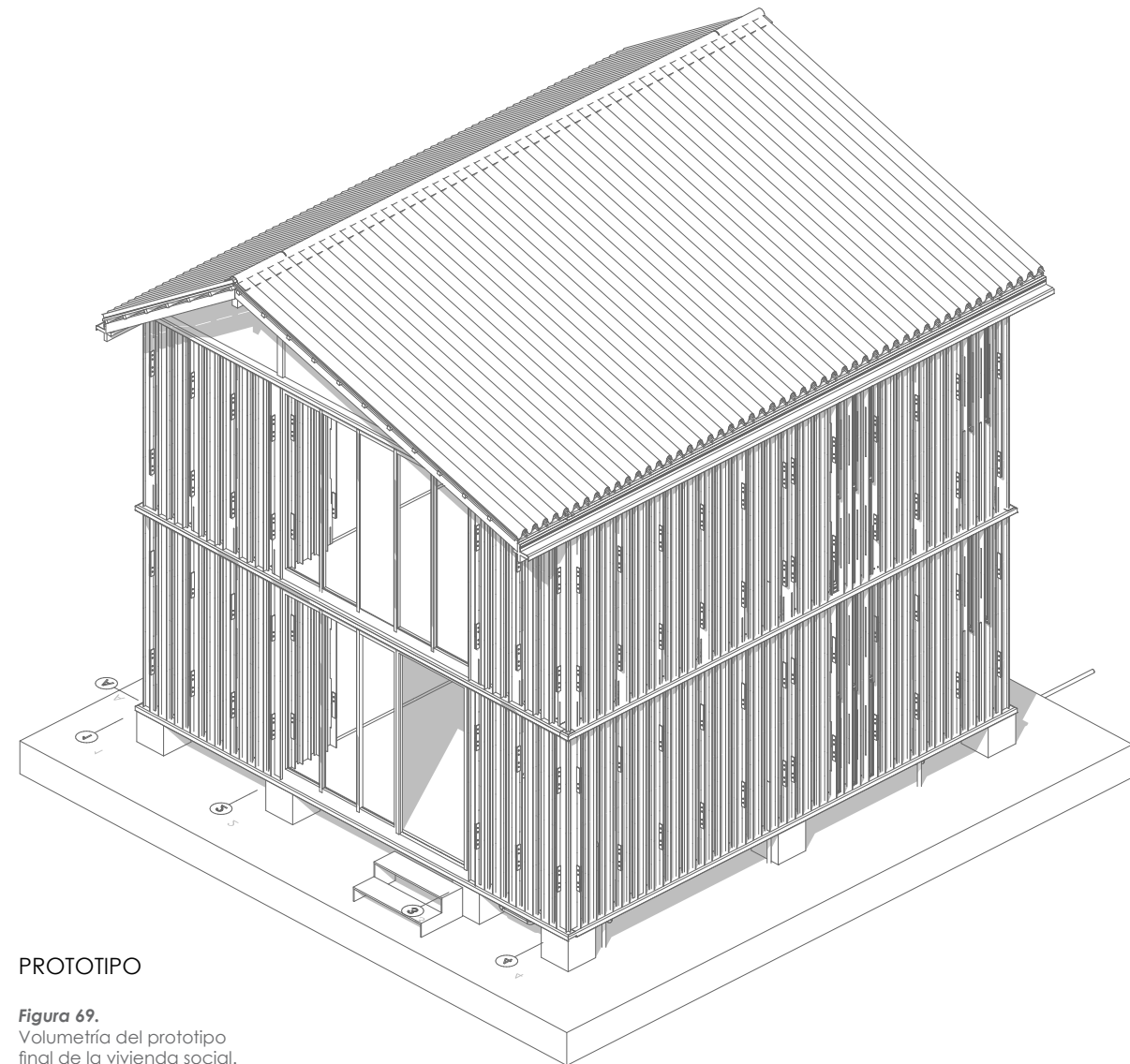
Figura 66.  
Módulo base aplicado al prototipo de vivienda social





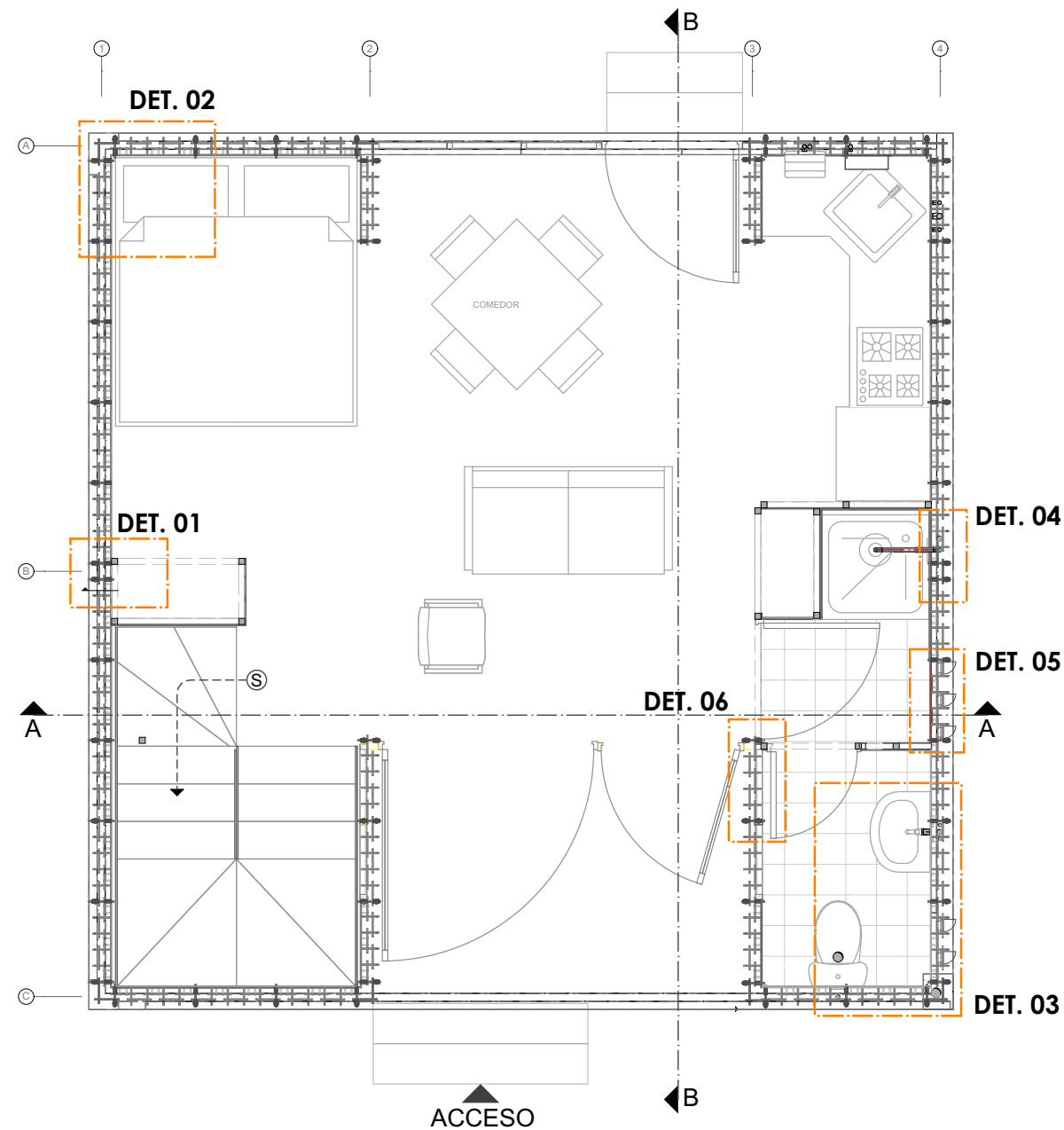


## 7.2. DETALLES CONSTRUCTIVOS



PROTOTIPO

**Figura 69.**  
Volumetría del prototipo  
final de la vivienda social.

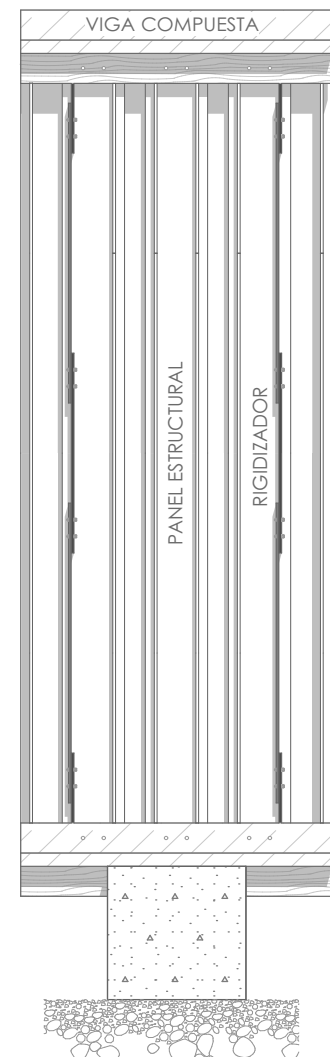


PLANTA BAJA DE REFERENCIA  
Esc: 1:50

**Figura 70.**  
Planta de referencia de detalles constructivos







**Figura 71.**  
Elevación del panel

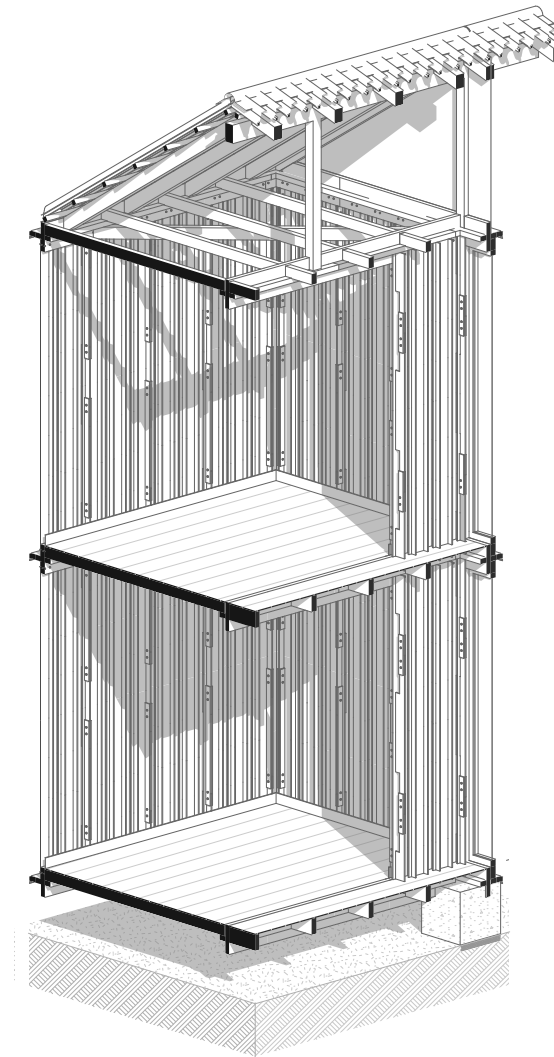
Por medio de los detalles constructivos se dará a entender los tipos de uniones necesarios para el ensamble de la vivienda y sus consideraciones.

Este prototipo de vivienda cuenta con una cimentación (dados de hormigón prefabricados), con el objetivo de levantar la estructura para evitar el contacto directo con la humedad del suelo y agilizar el proceso constructivo, eliminando el proceso de excavación profunda de suelo.

Como se había definido anteriormente, este panel estructural cuenta con un diseño de viga, sin embargo la estructura de piso utiliza el sistema tradicional de vigas de madera con una separación de 40 cm entre sí desde sus ejes, para evitar la colocación contigua de tiras donde se asienta el piso, (posteriormente se representa en detalles constructivos).

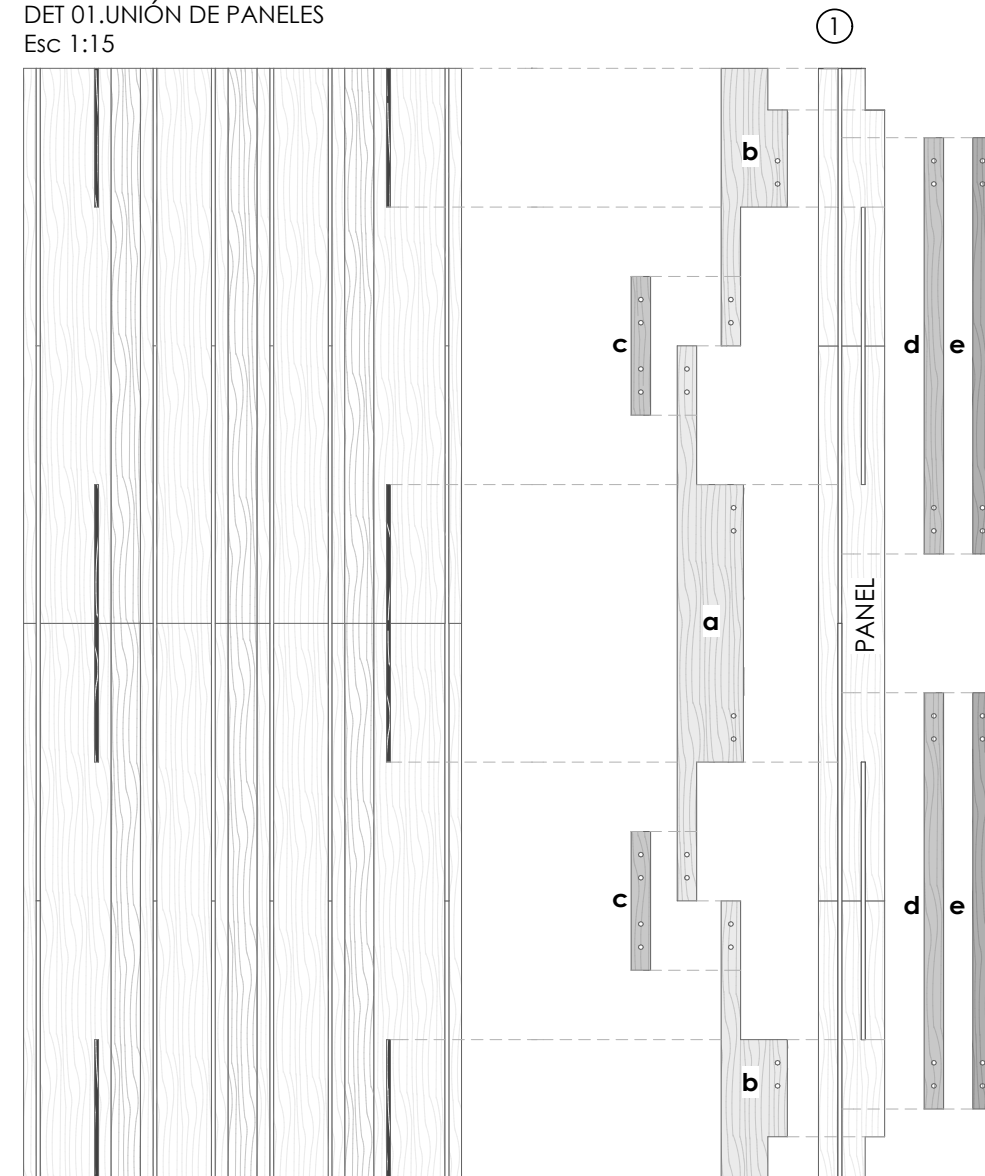
Al igual que la estructura para el piso, la cubierta también utiliza el sistema convencional de vigas o cabios, tochos, tiras y por último tirillas dependiendo si se usa teja o algún tipo de planchas onduladas de dimensiones menores que requieran de una estructura auxiliar para su colocación.

Las áreas húmedas como cocina y baños, deberían contar con algún tipo de impermeabilizante o tableros que contenga propiedades de resistencia ante la humedad, tanto en pisos como en paredes.

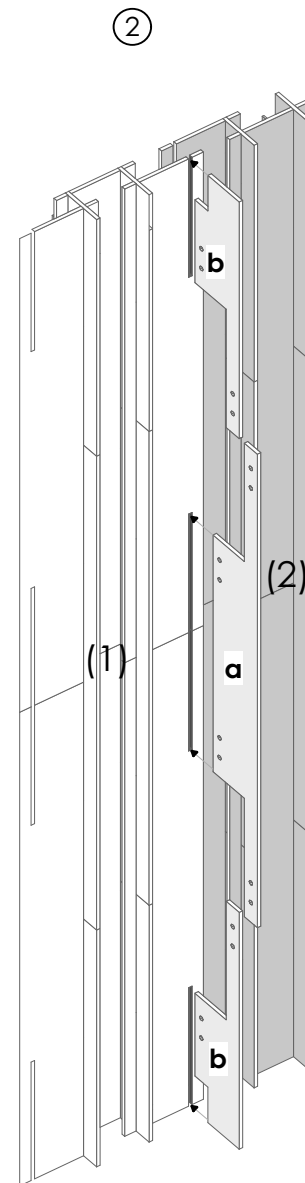


**Figura 72.**  
Axonometría

**DET 01. UNIÓN DE PANELES**  
Esc 1:15



**Figura 73.**  
Armado de elementos rigidizadores



**Figura 74.**  
Colocación del rigidizador entre paneles





En la figura 75, se muestra la vista lateral del panel, las piezas a, b, c, d y e son piezas que forman el rigidizador. También, se muestra la disposición de los paneles para su posterior unión. Ver figura 77.

Se muestra el orden de colocación de las piezas de los rigidizadores por medio de tonos grises. Siendo los tonos más claros los que se coloquen primero y los más oscuros al final. Los rigidizadores se deben colocar desde el exterior de la vivienda, de esta manera se puede realizar el reemplazo en caso de daños.

Los rigidizadores a y b son los primeros en ingresar al panel (ver figura 73), y se aprieta con las piezas c y d con tornillos y tuercas. Una vez ensambladas estas piezas, el primer panel ingresa en el segundo panel, y se finaliza colocando la pieza "e" (ver figura 74).

Los rigidizadores al ser colocados generan compresión entre los extremos de los paneles y aseguran una unión firme y desmontable. En la figura 76, se puede ver la sección armada con los rigidizadores.

En las siguientes figuras se representa las vistas del panel tanto desde el interior como del exterior, en donde se puede observar también los rigidizadores en color gris generando la unión entre los paneles con el uso de pernos.

La esbeltez de los paneles promueve a que estos sean demasiado flexibles, sin embargo, tanto los rigidizadores como la estructura de entramado de piso (vigas compuestas, ángulos esquineros y recubrimiento); una vez ensamblados, rigidizan la estructura y hacen que esta funcione en conjunto, dando como resultado un comportamiento estructural adecuado.

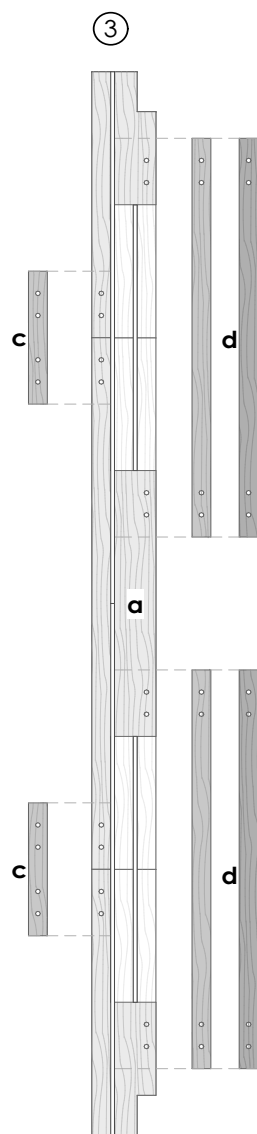


Figura 75.  
Vista lateral del panel

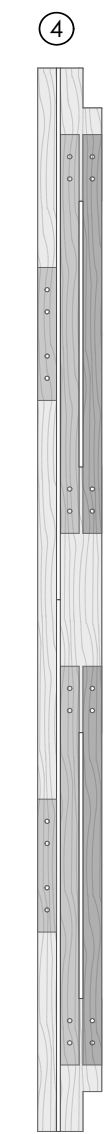


Figura 76.  
Rigidizador armado

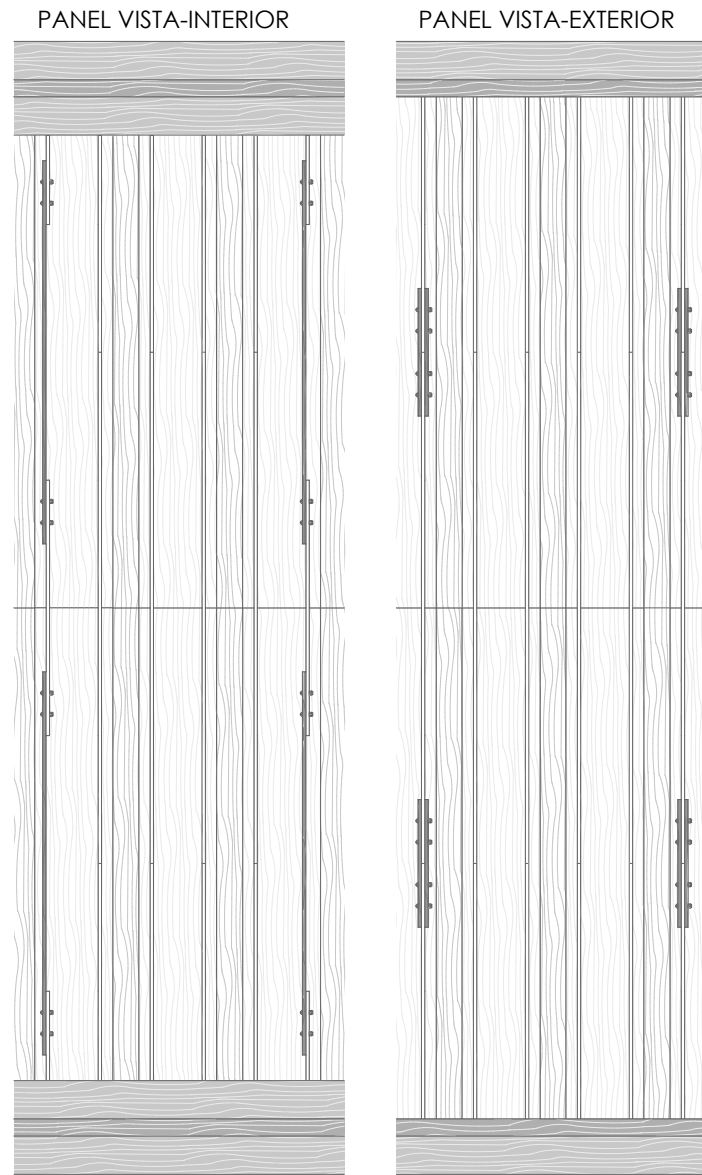


Figura 77.  
Disposición de paneles interno y externo

## DET 02. SECCIÓN CONSTRUCTIVA Esc 1:40

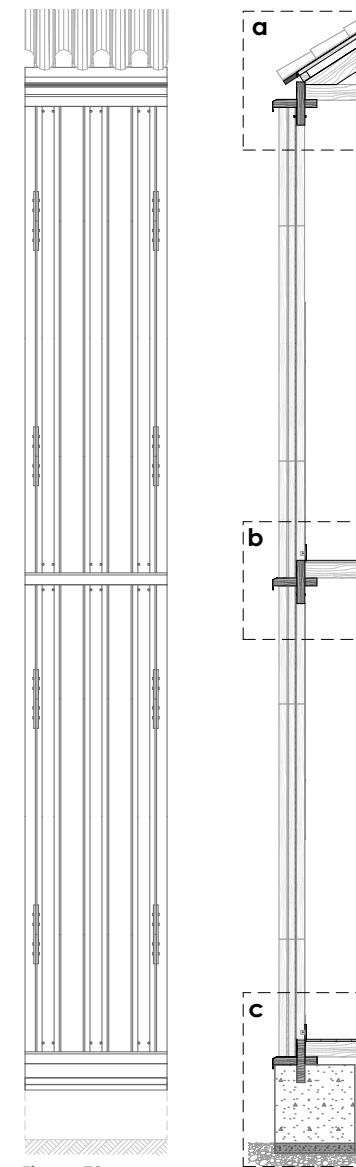
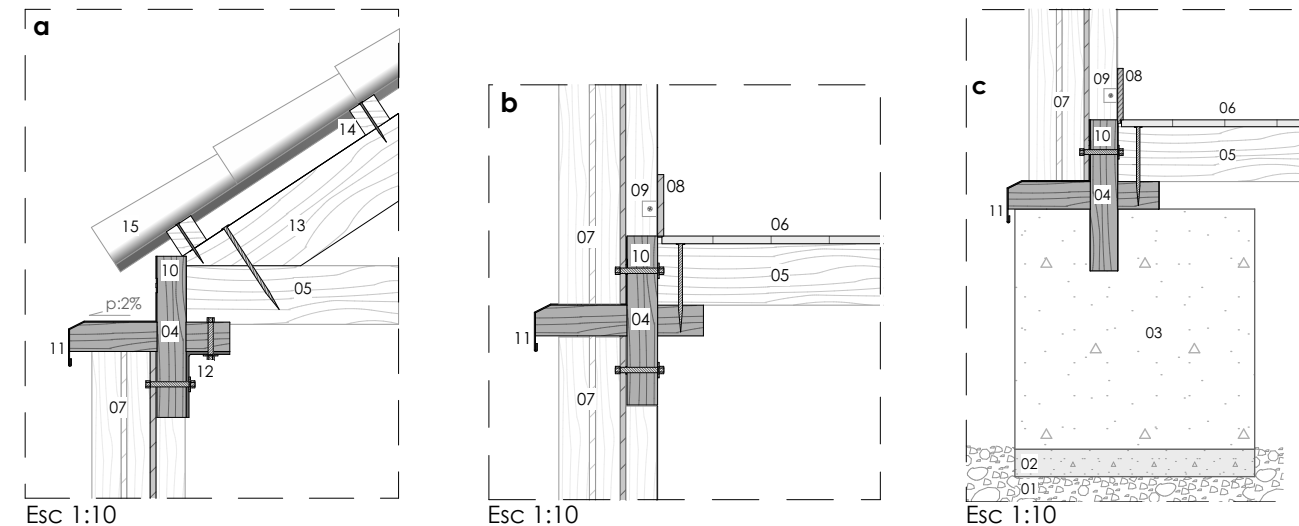


Figura 78.  
Detalles constructivos de encuentros  
con: cemento, entre piso y cubierta.



## SIMBOLOGÍA - DETALLES

- 01 Suelo compactado
- 02 Replanteo de Hormigón Simple f'c: 180kg/cm<sup>2</sup>
- 03 Bloque prefabricado de Hormigón Simple f'c: 210kg/cm<sup>2</sup>
- 04 Viga compuesta de eucalipto
- 05 Viga de madera para piso 8x8cm
- 06 Piso de duela de madera o planchas de osb
- 07 Panel estructural de eucalipto
- 08 Rastrera de madera sujeta al panel
- 09 Placa acero galvanizado anclada con tornillo al panel y a rastrera
- 10 Perno de acero galvanizado de 3" (7cm), incluye arandela a doble lado
- 11 Canaleta galvanizada doblada para aguas lluvias
- 12 Perfil L de acero anclado con pernos de 3"
- 13 Cabio de madera 8x14cm
- 14 Tira de madera 4x5cm
- 15 Cubierta de teja o fibrocemento

## OBSERVACIONES

- 03, 04** Para el empotramiento de la viga de madera se deja fundido un perfil de acero en el bloque de hormigón evitando el paso de humedad a la madera.
- 04, 11** El perfil de aluminio inoxidable se coloca al estar toda la viga armada, la parte extendida de la viga tendrá una pendiente mínima de 2% para asentar el canal.
- 05** Las vigas para piso van ancladas con clavos a la viga compuesta.
- 07** El panel va anclado a la viga usando pernos con arandelas, y rigidizadores de madera para la unión entre paneles.
- 08** La rastrera impide el paso de basura a las secciones huecas del panel.
- 12** El perfil de acero se aplicaría como aporte estructural a la viga compuesta, ya que la carga de la cubierta en este caso genera cortante en ella. Se podría aplicar en las otras vigas como refuerzo estructural.







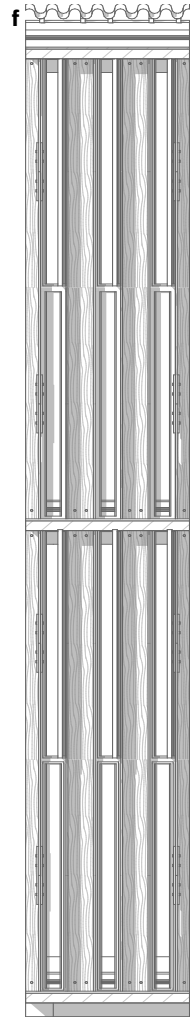
## SIMBOLOGÍA - DETALLES

- 01 Suelo
- 02 Hormigón f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup>
- 03 Tubería
- 04 Viga de madera para piso c/30cm
- 05 Celosía de vinil o similar
- 06 Tablero de plywood marino o similar
- 07 Rigidizador
- 08 Panel estructural de madera
- 09 Viga compuesta de madera
- 10 Ventana con ventilación
- 11 Tubería para instalaciones eléctricas

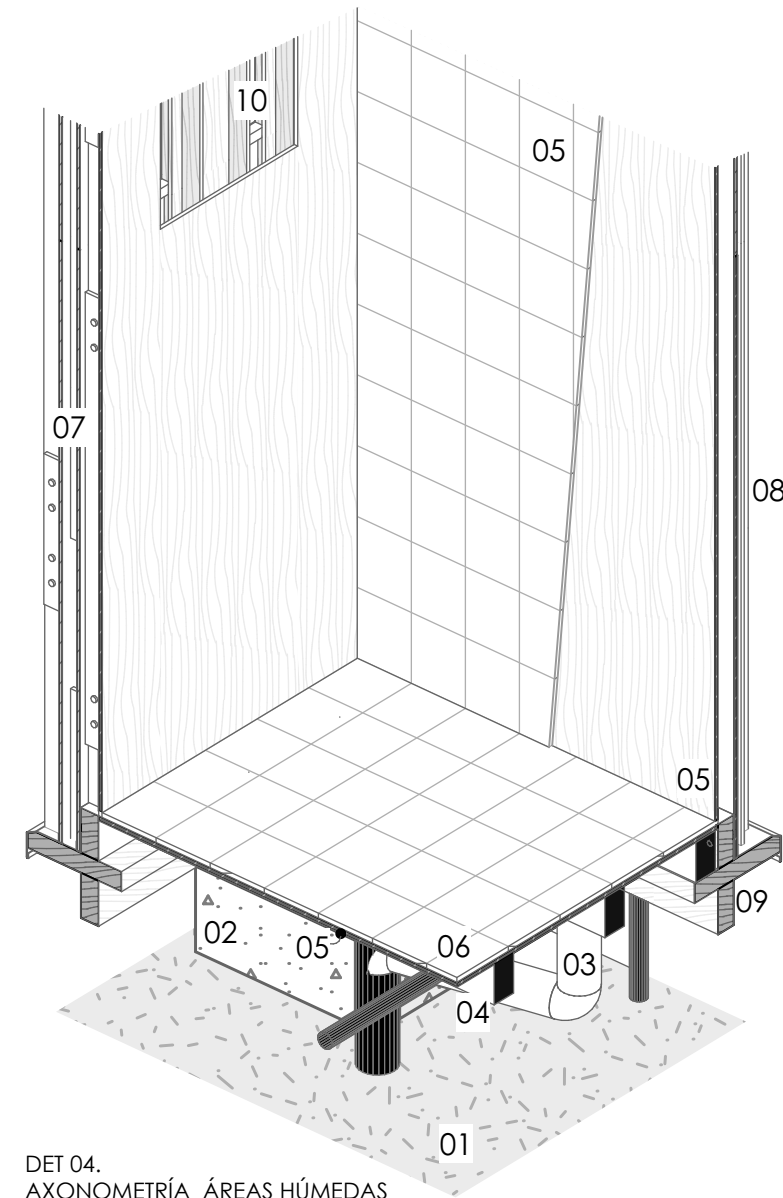
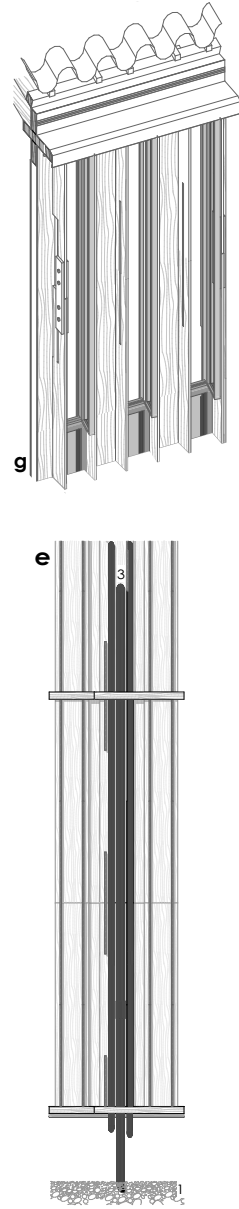
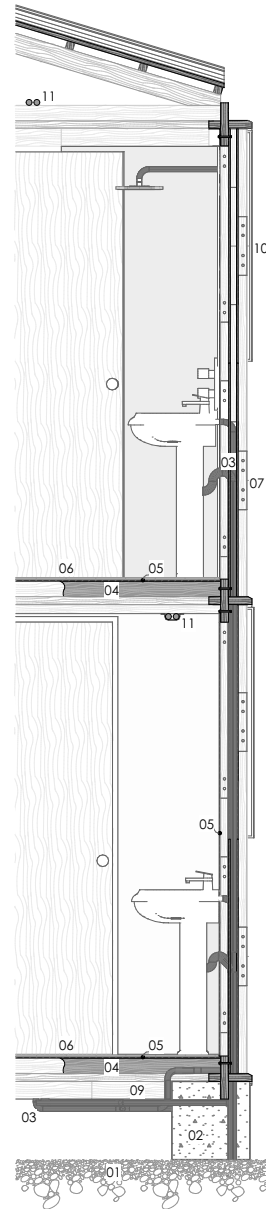
## OBSERVACIONES

- 03** Toda la tubería queda perdida dentro de los paneles, la tubería más gruesa de evacuación de aguas servidas bajan por las esquinas (ver detalle en sección).
- 04** Vigas para piso, solo en áreas húmedas cada 30cm por mayor peso, en otras zonas cada 40cm.
- 05, 06** El tablero irá clavado al panel y servirá como superficie lisa para el uso de un adherente para el vinil u otro recubrimiento.
- 07, 08** El rigidizador sirve para unir los paneles, romper la continuidad longitudinal entre uniones del panel y obviamente para rigidizar las juntas cada cierto tramo dada la esbeltez de las piezas que componen los paneles.
- 10** La ventana pivotante sirve para ventilar áreas húmedas como cocina y baños. (Ver Det. 05 y Det. 06)
- 11** La tubería para instalaciones eléctricas queda vista o bien en caso de colocarse cielo raso falso quedaría perdida.

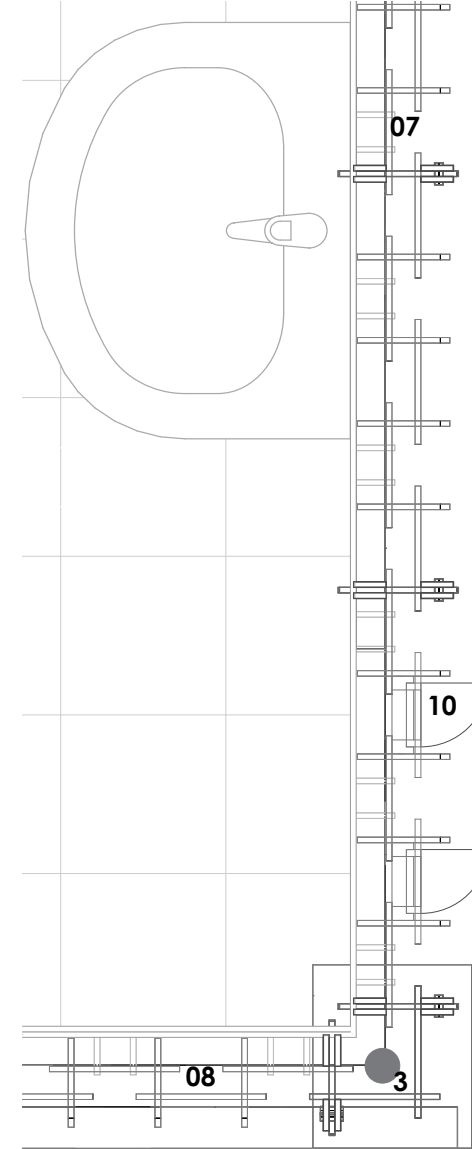
Figura 79.  
Detalles constructivos: instalaciones sanitarias, eléctricas y agua potable.



DET 03. SECCIÓN CONSTRUCTIVA  
Esc 1:40



DET 04.  
AXONOMETRÍA ÁREAS HÚMEDAS  
Esc 1:15



PLANTA - ZONAS HÚMEDAS  
Esc 1:10





### SIMBOLOGÍA - DETALLES

- 01 Panel estructural de eucalipto
- 02 Viga ensamblada de madera
- 03 Carpintería de madera para ventana
- 04 Tornillo avellanado para madera
- 05 Tornillo de madera 1"
- 06 Ventana
- 07 Puerta
- 08 Piso

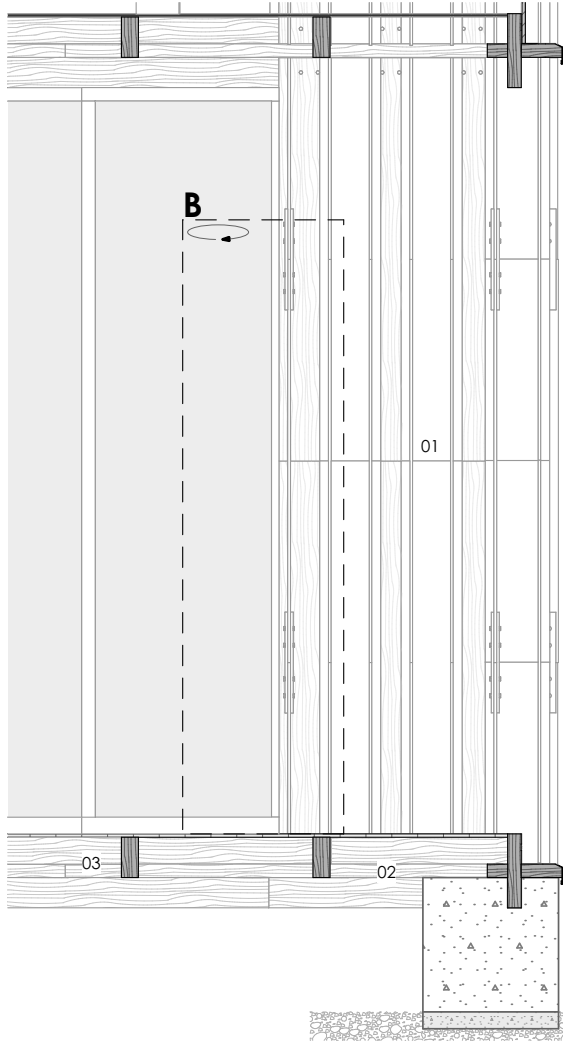
### OBSERVACIONES

**02** El ancho de las piezas de la viga compuesta en este caso son de 4cm, sin embargo, aumentar esta dimensión pocos centímetros para permitir mayores luces no afecta la composición estructural.

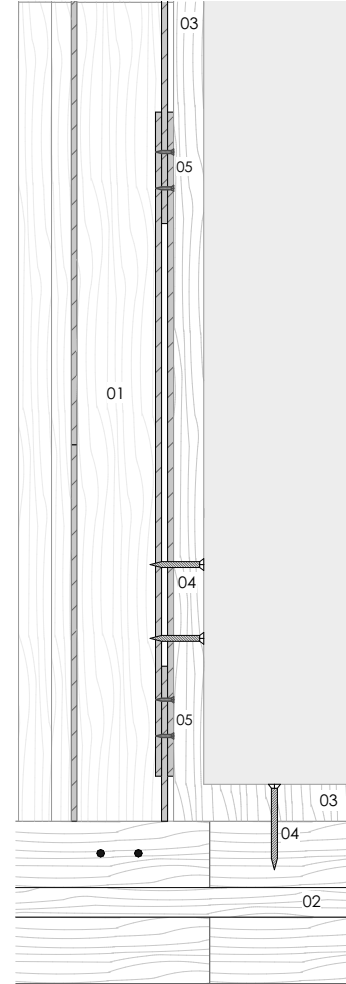
**03, 04, 06, 07** La carpintería se acopla efectivamente con el uso de tornillos y su tamaño depende del tamaño de la carpintería.

**05** Se utilizan tornillos para madera, que servirán para unir las piezas de los rigidizadores.

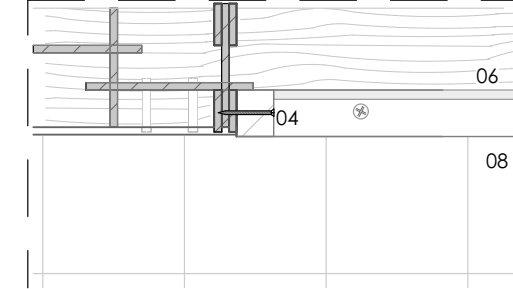
**Figura 80.**  
Detalles constructivos de encuentros: panel-panel, panel - carpintería.



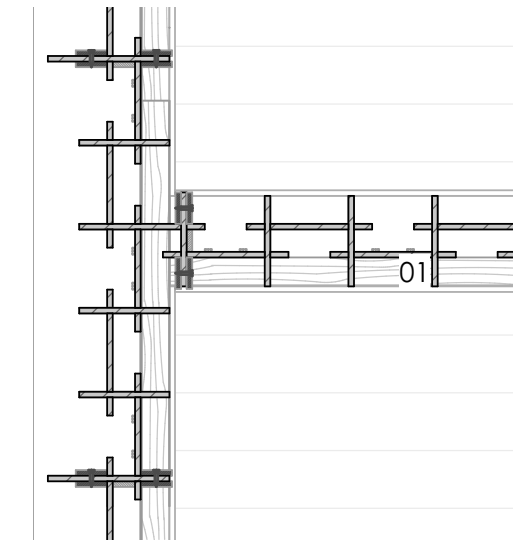
DETALLE **B** DESDE INTERIOR  
ESC 1:15



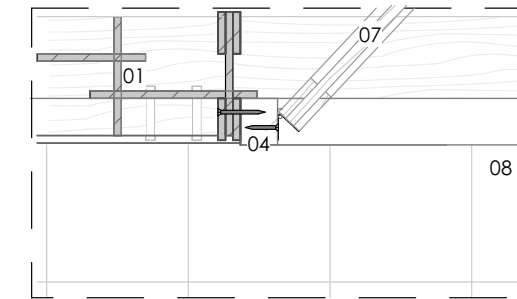
DET 05. DETALLE PANEL - VENTANA  
ESC 1:10



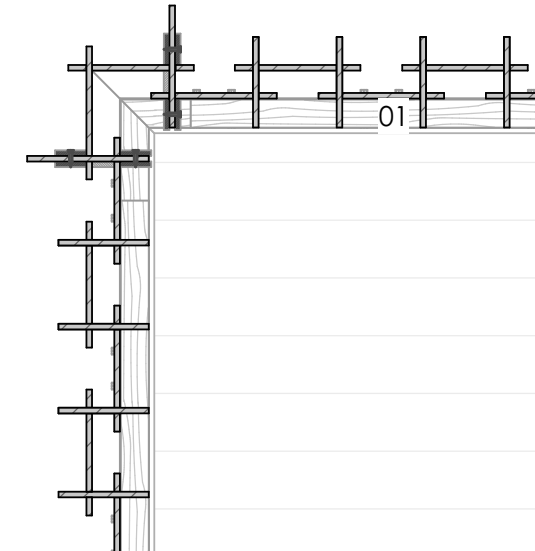
DETALLE UNIÓN PANEL EN "T"  
ESC 1:10



DET 06. DETALLE PANEL - PUERTA  
ESC 1:10



DETALLE UNIÓN PANEL EN ESQUINA O "L"  
ESC 1:10

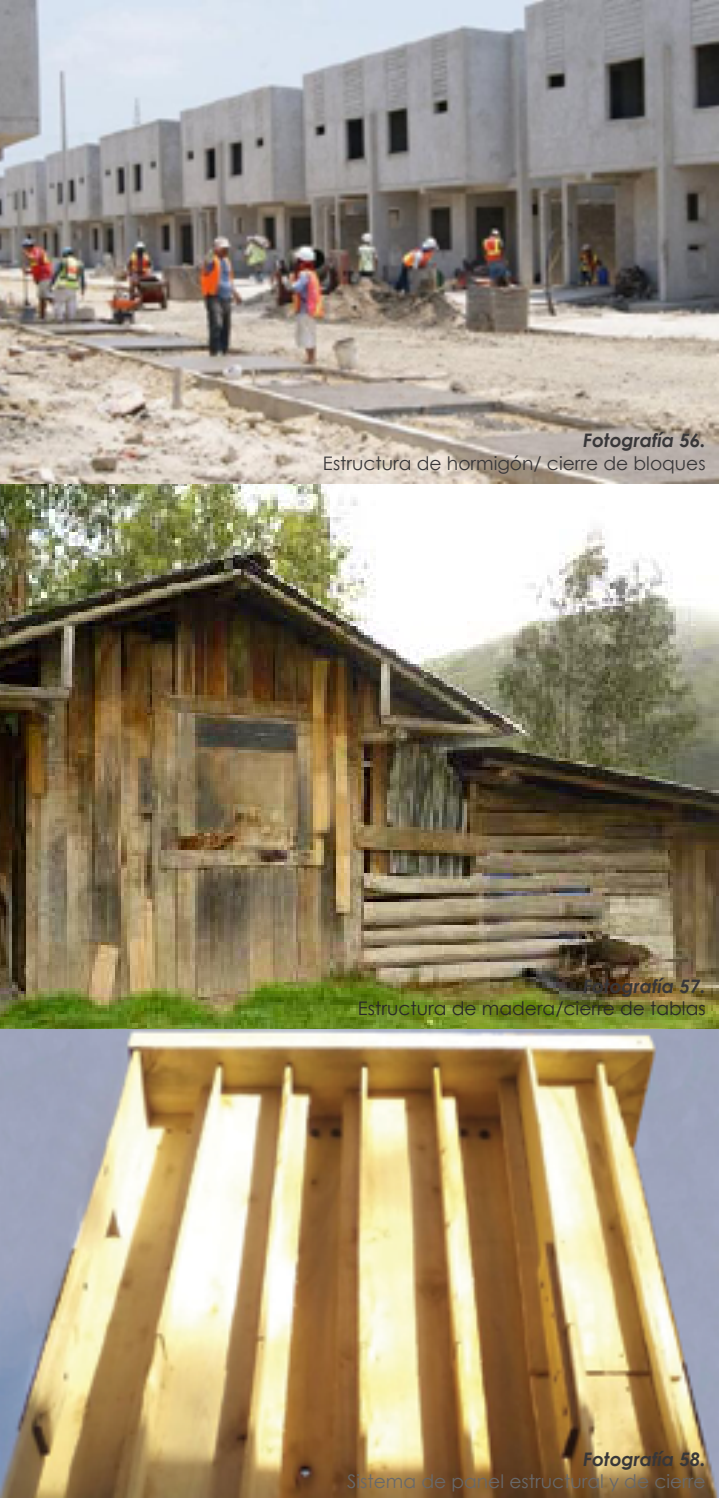




**- VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL -**  
*Aplicación de sistema de paneles estructurales  
de madera aserrada*







7.3. COMPARACIÓN DE COSTO DE ESTRUCTURA Y CIERRE EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDA SOCIAL EN CUENCA

Para cumplir con el propósito planteado de una vivienda de bajo presupuesto, se realiza un análisis de costos del sistema estructural y de cierre (paredes), aplicado sobre una misma tipología de vivienda de interés social presentada anteriormente. Se comparan tres sistemas de construcción diferentes a la tipología de vivienda social los cuales son:

- Estructura de hormigón armado y mampostería de bloque de pómez.
- Estructura de madera con tabiques divisorios.
- Paneles estructurales y de cierre de madera (diseño propuesto).

Nota: En esta comparación de presupuesto no incluye el costo de instalaciones eléctricas, sanitarias, mobiliario fijo ni piezas sanitarias ya que se trabajan con los mismos valores en los tres casos.

El sistema de hormigón armado con mampostería de bloque es uno de los más comunes en nuestra localidad y se utiliza en viviendas de bajo costo como pueden ser las de interés social. En este único caso se toma en cuenta el costo de la mano de obra ya que la complejidad del sistema no facilitaría la auto-construcción. El cálculo da un costo aproximado de \$9573,21. Ver tabla 17.

El segundo sistema es el de estructura de madera con tabiques divisorios, este tiene un costo reducido dada la facilidad de aplicación y el bajo precio o fácil obtención del material. No necesita mano de obra especializada por lo que puede ser construida por el propio usuario (auto-construcción). Este sistema presenta un costo de \$7909,79. Ver tabla 18.

El sistema de paneles estructurales de madera fusiona la estructura y cierre de la vivienda, como una alternativa de aplicación para la vivienda social. De igual manera que el anterior, este puede ser auto-construido por el usuario. Tiene un costo aproximado de \$6222,16. Ver tabla 19.

Al analizar los tres sistemas constructivos, se observa que los paneles estructurales de cierre propuesto, presenta un costo reducido a diferencia de los otros dos, como resultado, se puede considerar una alternativa eficaz enmarcándose dentro de la vivienda de interés social.

CUADRO COMPARATIVO

SISTEMA CONSTRUCTIVO	COSTO
Estructura hormigón armado/ cierre mampostería de bloque	9573,21
Estructura de madera/cierre de paneles divisorios	7909,79
Panel estructural de cierre	6222,16
Panel estructural de cierre + Aislante térmico (lana de vidrio)	7470,08

7.3.1. PRESUPUESTO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDA SOCIAL: ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO CON MAMPOSTERÍA DE BLOQUES.

PRESUPUESTO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA VIVIENDA SOCIAL A=81.92m²					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	P.TOTAL
1	ESTRUCTURA				
1.1	Hormigón ciclópeo f'c: 140kg/cm2	m3	4,95	48,00	237,60
1.2	Hormigón simple f'c: 210 kg/cm2	m3	9,76	181,25	1768,09
1.3	Hormigón simple f'c: 180 kg/cm2 e:7cm	m2	3,88	141,00	547,08
1.4	Relleno compactado con material de reposición (vibroapisonador)	m3	5,30	24,18	128,15
1.5	Varillas de refuerzo corrugadas de acero (corte y doblado)	kg	92,74	2,43	225,36
1.6	Vigas V5	kg	414,40	2,30	953,12
1.7	Encofrado recto	m2	68,30	8,79	600,36
1.8	Encofrado losa hormigón armado	m2	22,00	11,69	257,18
1.9	Replanteo de piedra de 15cm emporado con grava	m2	35,20	8,60	302,72
1.10	Malla electrosoldada R84	m2	72,56	3,12	226,39
2	MUROS DE CIERRE				
2.1	Mampostería de bloque de pomez(10x20x40)cm	m2	145,04	15,16	2198,81
2.2	Bloque de alivianamiento para losa (15x20x40) cm	u	221,00	0,54	119,34
3	PISOS				
3.1	Lámina de Vinil 30x30cm	m2	53	6,00	318
4	CUBIERTA				
4.1	Vigas de Eucalipto 16x18cm (solera cubierta)	ml	49,00	6,82	334,18
4.2	Tochos de eucalipto 16x18cm	ml	10,08	6,82	68,75
4.3	Cabio de pino 8x14cm	ml	93,10	7,66	713,15
4.4	Tiras de eucalipto 4x5 cm	ml	144,40	1,42	205,05
4.5	Plancha ondulada Eurolit 2.44x0.92m P7	u	27,00	11,78	318,06
4.6	Cumbrero de eucalipto 16x18cm	ml	7,60	6,82	51,83
				TOTAL	9573,21

Tabla 17. Presupuesto de estructura y cierre de vivienda social / sistema constructivo hormigón y bloque





7.3.2. PRESUPUESTO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDA SOCIAL: ESTRUCTURA DE MADERA CON PANELES DIVISORIOS.

PRESUPUESTO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA VIVIENDA SOCIAL A=81.92m²					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	P.TOTAL
1	CIMENTACIÓN				
1.1	Replanto de hormigón simple fc´180kg/cm2 (e=6cm)	m2	3,90	9,18	35,80
1.2	Bloques prefabricados de hormigón simple fc´210kg/cm2	m3	0,43	289,67	125,14
2	ESTRUCTURA				
2.1	Vigas principales de Eucalipto 16x18 cm	ml	108,00	6,82	736,56
2.2	Vigas secundarias de pino 8x14cm	ml	180,00	7,66	1378,80
2.3	Columnas de eucalipto 16x18cm	ml	54,00	6,82	368,28
2.4	Entirado de piso 4x5 cm	ml	180,00	1,42	255,60
3	PANELES DE CIERRE				
3.1	Panel divisorios de eucalipto 60x240cm	u	106,00	22,44	2378,64
4	PANELES DIVISORIOS INTERNOS				
4.1	Tableros de madera OSB 6mm	m2	77,44	3,92	303,5648
4.2	Tiras de eucalipto 4x5 cm	ml	55,58	1,42	78,9236
5	PISOS				
5.1	Tableros de madera OSB 214x260x3cm	m2	73,17	7,84	573,65
5.2	Lámina de Vinil 30x30cm	m2	53,00	6,00	318,00
6	CUBIERTA				
6.1	Tochos de eucalipto 16x18cm	ml	10,08	6,82	68,75
6.2	Cabio de pino 8x14cm	ml	93,10	7,66	713,15
6.3	Tiras de eucalipto 4x5 cm	ml	144,40	1,42	205,05
6.4	Plancha ondulada Eurolit 2.44x0.92m P7	u	27,00	11,78	318,06
6.5	Cumbrero de eucalipto 16x18cm	ml	7,6	6,82	51,83
TOTAL					7909,79

Tabla 18.  
Presupuesto de estructura y cierre de vivienda social / sistema constructivo paneles divisorios

7.3.3. PRESUPUESTO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDA SOCIAL: PANELES ESTRUCTURALES DE CIERRE.

PRESUPUESTO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA VIVIENDA SOCIAL A=81.92m²					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	P.TOTAL
1	CIMENTACIÓN				
1.1	Replanto de hormión simple fc´=180kg/cm2	m2	3,90	9,18	35,80
1.2	Bloque prefabricado de hormigón simple fc´210kg/cm2	m3	0,43	289,67	125,14
2	ENVIGADO				
2.1	Vigas compuestas 22x22cm	ml	115,2	6,82	785,664
2.2	Vigas de piso 8x8cm	ml	131,04	3,83	501,8832
2.3	Vigas de piso anchas 8x14cm	ml	121,8	7,66	932,988
2.4	Vigas diagonales esquineras 8x8cm	ml	25,8	3,83	98,814
3	PANELES ESTRUCTURALES DE CIERRE				
3.1	Panel estructural 60x240cm	u	76	14,13	1073,88
3.2	Elementos especiales esquineros	u	24	2,54	60,96
3.3	Elementos especiales laterales	u	4	2,54	10,16
4	PANELES DIVISORIOS INTERNOS				
4.1	Tableros de madera OSB 6mm	m2	77,44	3,92	303,5648
4.2	Tiras de eucalipto 4x5 cm	ml	55,58	1,42	78,9236
5	PISOS				
5.1	Tableros de madera OSB	m2	73,17	7,84	573,6528
5.2	Lámina de Vinil 30x30cm	m2	53	6,00	318
6	CUBIERTA				
6.1	Tochos de eucalipto 16x18cm	ml	10,08	6,82	68,7456
6.2	Cabio de pino 8x14cm	ml	93,1	7,66	713,146
6.3	Tiras de eucalipto 4x5 cm	ml	144,4	1,42	205,048
6.4	Plancha ondulada Eurolit 2.44x0.92m P7	m2	27	11,78	318,06
6.5	Cumbrero de eucalipto 16x18cm	ml	2,6	6,82	17,732
				TOTAL	6222,16

Tabla 19.  
Presupuesto de estructura y cierre de vivienda social / sistema de paneles estructurales



# ÁLCULO ESTRUCTURAL

ANÁLISIS ESTRUCTURAL  
FUERZAS AXIALES





## 8. CÁLCULO ESTRUCTURAL

Para el proceso de cálculo estructural fue necesario el asesoramiento profesional en la rama de la ingeniería; Ing. Xavier Cárdenas e Ing. Enrique García Alvear, quienes aportaron con sus conocimientos durante el proceso de cálculo y verificación del funcionamiento del panel estructural de madera.

Para iniciar con el cálculo estructural del panel propuesto es necesario estudiar conceptos básicos que son parte de la dinámica a la que se expone y a sus comportamientos ante esfuerzos actuantes sobre el mismo.

El panel debe ser analizado como un elemento independiente (columna) y en conjunto (muro). porestarazónacontinuaciónseexplicaelequilibrio estático de un cuerpo y el comportamiento de los muros estructurales esbeltos.

### 8.1 PRINCIPIOS ESTRUCTURALES DE EQUILIBRIO ESTÁTICO

El equilibrio estático es la capacidad de un cuerpo de mantenerse en reposo o con movimiento uniforme al estar sometido a diferentes tipos de cargas.

Un panel estructural está constantemente trabajando a diferentes esfuerzos, estos son determinantes de la dimensión del mismo.

Algunos de los esfuerzos de equilibrio estático son: tracción, compresión, flexión pura, flexión simple, cortadura y torsión.

Como criterios de diseño para muros estructurales nos referimos al diseño de muros en hormigón armado, ya que en general todo tipo de muros con función estructural van a estar sometidos a las mismas solicitudes, lo que varía es el tipo de material, modulación de piezas y uniones.

### 8.2 MUROS ESTRUCTURALES ESBELTOS

Los muros esbeltos tienen como principio estructural un muy buen comportamiento a la flexión, y obviamente a compresión, no así en muros robustos en donde se sobre dimensiona para soportar cargas anticipadas sin perder su elasticidad. El confinamiento del muro estructural en conjunto debe considerar ciertos aspectos importantes (algunos de ellos en menor porcentaje) como por ejemplo:

- Flexibilidad, la capacidad del elemento al recibir una carga para cambiar su forma y volver a su estado inicial.
- Plasticidad, la capacidad de deformación irreversible, sin que exista rompimiento.
- Ductilidad, la capacidad de deformación irreversible, generando fibras o hilos.
- Buen comportamiento a compresión, evitando fallas causadas por inestabilidad del alma del muro.
- Buen anclaje entre piezas, evitando el deslizamiento entre las mismas y la falla por cortante o adherencia en las juntas de construcción.

Los cálculos se realizan en función al comportamiento al que va a estar sometido el **panel estructural** como elemento individual, de acuerdo a las fuerzas actuantes y a la forma obtenida. Cada panel actuará como una columna alargada conformada por varios miembros, cuyos ejes longitudinales están colocados paralelamente entre sí, por lo tanto, se le considera un elemento vertical que actúa ante cargas de compresión axial (peso propio, sobrecargas de servicio o cargas vivas), además a esfuerzos laterales de corte producto de movimientos sísmicos o viento.

Para la comprobación y verificación del cálculo estructural y basado en la normativa que se encuentra vigente en nuestro país, en cuanto a diseño de estructuras en madera se utiliza como guía referente el procedimiento aplicado en el “Manual de diseño para maderas del grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC”, utilizando la sección de columnas y entramados (sección 9).

### 8.3. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN

#### COMPRESIÓN AXIAL

DEFINIR BASE DE CÁLCULO:

Se opta por el uso de la madera clasificada como estructural según la tabla expuesta por el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC) y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, seleccionando al Eucalipto como madera para uso en el diseño, el cual se encuentra en el grupo B de los tipos de maderas opto como material de función estructural.

Las cargas que actúan sobre el panel son cargas repartidas por áreas colaborantes, que provienen desde la cubierta y planta alta hasta llegar a distribuir las cargas sobre los paneles ubicados en la planta baja de la vivienda, siendo este el más desfavorable. Ver tabla 15.

#### SOPORTE

El panel se encuentra empernado en sus extremos a las vigas de distribución de cargas superior e inferior, lo cual se le considera una columna con empotramiento en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse, ya que por la flexibilidad de la madera no existe un empotramiento perfecto; permite obtener un coeficiente de condición de apoyo de:  $K= 1,5$  como lo especifica en la tabla 9.1 del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC). Ver anexo 10.

LONGITUD EFECTIVA:

Para elementos expuestos a esfuerzos de compresión o flexo-compresión es necesario diseñar con la longitud efectiva ( $L_{ef}$ ), es el producto de la longitud teórica y el coeficiente de articulación requerida en sus extremos. La longitud teórica es la longitud libre que existe entre apoyos. Contemplado la  $L_{ef}$  de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} L_{ef} &= K \cdot L \\ L_{ef} &= 1,5 \cdot 2,31 \\ L_{ef} &= 3,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Donde:  
K: coeficiente de empotramiento (para elementos articulados en sus dos extremos  $k=1$ )  
L: Longitud teórica

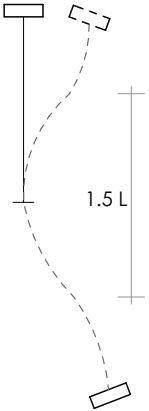


Figura 81. Tipo de empotramiento del panel.

Como resultado se obtiene que la longitud efectiva que se debe aplicar al panel es de  $L_e=3,46\text{m}$ . Por motivos de modulación del material y para evitar desperdicios se selecciona una altura de 2,40m, dimensión que se encuentra en el rango de la longitud permisible.

• CÁLCULO DE ESBELTEZ ( $\lambda$ ):

La esbeltez se calcula en función a la longitud efectiva y al radio de giro de la sección transversal, se recomienda que se realice el calculo en las dos direcciones por presencia de variación del valor del radio de giro por ser un elemento irregular.

Para el diseño se debe utilizar el resultado mayor obtenido. La esbeltez del elemento no podrá sobrepasar valores admisibles utilizados para elementos formados por varios miembros según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC) la esbeltez máxima sera de  $\lambda$  máximo= 50.

La determinación de la esbeltez se realiza en función a sus dos ejes considerando el valor de "r" para cada caso según la dirección de ejes presentes en la sección. Ver gráfico 31.

$$\lambda x-x=Lef/rx$$
$$\lambda x-x=346,5/7,753$$
$$\lambda x-x= 44,69$$

$$\lambda y-y=Lef/ry$$
$$\lambda y-y=346,5/38,156$$
$$\lambda y-y= 9,081$$

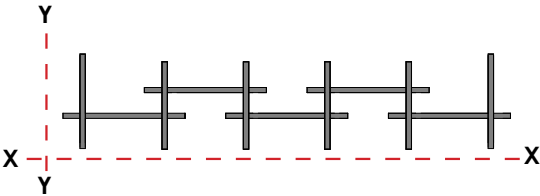


Figura 82. Ejes X-X y Y-Y área de sección del panel.

• CLASIFICACIÓN

El panel al ser portante y al actuar como un elemento vertical (columna) se le relaciona por medio de los resultados de esbeltez como: columna corta, columna intermedia o columna larga.

Columnas cortas	$\lambda < 10$
Columnas intermedias	$10 < \lambda < C_k$ $C_k= 0.7025 \sqrt{E/f_c}$
Columnas largas	$C_k < \lambda < 50$

Tabla 20. Clasificación del tipo de columna según el PADT-REFORT/JUNAC

Para el cálculo se selecciona la máxima esbeltez presente en la sección de panel siendo este el actuante en el eje X-X.

" $C_k$  es un parámetro que depende del módulo de elasticidad de la madera y de la resistencia máxima a la compresión paralela a las fibras" (Andrade, 2014).

A continuación se expone un cuadro donde se especifican los valores de  $C_k$  que obtienen cada grupo de maderas de acuerdo al Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC).

GRUPO	COLUMNAS
A	17,98
B	18,34
C	18,42

Tabla 21. Valores de  $C_k$  según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC).

Para el calculo se selecciona la máxima esbeltez presente en la sección de panel siendo este el actuante en el eje X-X,  $\lambda= 44,69$ .

El eucalipto se le clasifica dentro del grupo B de las maderas estructurales, el  $C_k$  que obtiene para columnas sera de 18,34 y comprobando con la tabla 16 se afirma que pertenece al grupo de columnas alargadas, verificado con la siguiente expresión:

$$C_k < \lambda < 50$$

$$18,34 < 44,69 < 50$$

Con los resultados podemos afirmar que los paneles de madera de eucalipto se encuentran dentro del rango permisible para ser utilizados como elementos verticales.

8.4. CÁLCULO DE LA CARGA ADMISIBLE

El panel pertenece al grupo de columnas alargadas, para este tipo de elementos la carga admisible viene dado por la carga critica de Euler ( $N_{cr}$ ); se considera un factor de seguridad, un valor de 2.5 que tiene como función garantizar la seguridad en cuanto a casos de que presenten deformaciones o imperfecciones en la orientación de las fibras, para ello se recomienda que en el cálculo se utilice el módulo de elasticidad  $E_{min}$ .

Para el cálculo de cargas se utiliza los valores de la estabilidad por esbeltez del panel obtenidos anteriormente.

• DATOS DEL PANEL:

Dimensiones: 60x13,6x240  
Área= 0,0131m²= 131cm²  
Centroide: Eje x-x: 33cm  
Eje y-y: 7,040cm

Momento de inercia: X: 7867,66 cm⁴  
Y: 190555,44 cm⁴

Radio de Giro: X: 7,753 cm  
Y: 38,156 cm

• CARGA ADMISIBLE

Para el cálculo de esfuerzos admisibles que el panel de eucalipto puede soportar se utiliza los valores a compresión paralela a las fibras de los esfuerzos en el limite proporcional para madera seca al aire de  $f_c=110\text{kg/cm}^2$  (ver tabla 18).

Grupo	Comp. paralela $F_c//$	Flexión $F_m$
A	145	210
B	110	150
C	80	100

Tabla 22. Valores de esfuerzos admisibles kg/cm² Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC)



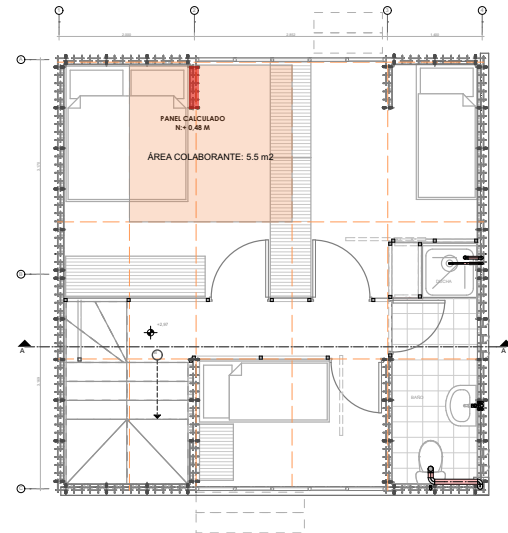


Figura 83. Área colaborante sobre panel desfavorable

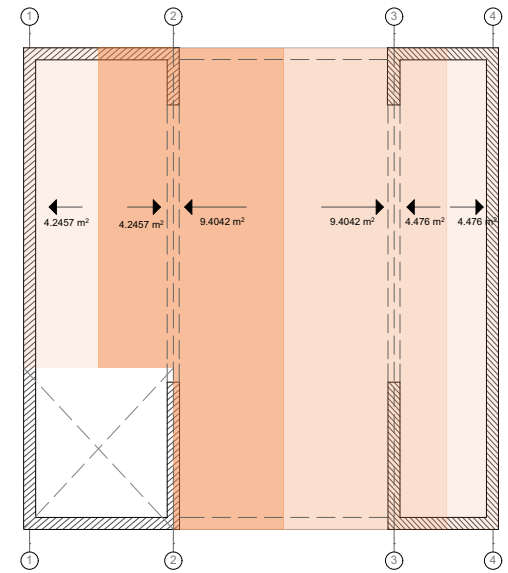


Figura 84. Distribución de áreas colaborantes

Principalmente este tipo de estructuras presentan mayor aplastamiento e inestabilidad lateral o llamado también pandeo, lo cual se utiliza la fórmula de columna alargadas con la siguiente expresión:

$$P_{adm} = 0.329 (E \cdot A / \lambda^2)$$

Donde:

E= Módulo de elasticidad

A= Área de sección

$\lambda$  = Relación de esbeltez (tomar la mayor)

$$P_{adm} = 0.329 (75000 \cdot 131 / 44,692^2)$$

$$P_{adm} = 0.329 (9825000 / 1997.374)$$

$$P_{adm} = 0.329 (4918.958)$$

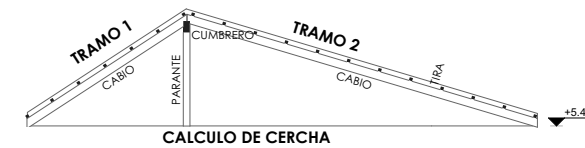
$$P_{adm} = 1618,337 \text{ kg.}$$

Como resultado final se obtiene que la carga admisible a compresión paralela a las fibras que el panel puede soportar antes de su ruptura o fracaso es de 1618,33kg.

### 8.5. DETERMINACIÓN DE CARGAS ACTUANTES:

Para la determinación de solicitaciones se tomará el panel con más área de aporte de cargas, es decir, el más desfavorable. En este proceso se realiza el cálculo del peso de los elementos desde la cubierta hasta la viga que llega sobre dicho panel. En esta área de aporte o área colaborante también se toma en cuenta la carga viva (factor de uso) el cual se especifica en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) con un valor de 203,96kg/m<sup>2</sup> para residencias.

Las cargas que se transmiten desde la cubierta al ser esta inclinada, no se distribuyen proporcionalmente hacia las vigas principales y el cumbrero, por lo que, como primer paso se realiza el cálculo de esfuerzos en vigas inclinadas (cabios) dividiéndose en dos tramos, como se muestra a continuación:



- La carga total en el tramo 1 es de 587.35 kg, esta se la divide para el número de cerchas para analizar solamente cual es el esfuerzo actuante sobre una de ellas, tomando esta repartición de forma uniforme.

- En este primer tramo se tiene una viga (cambio) con inclinación de 65% con dos puntos de apoyo y una fuerza distribuida de 15.95 metros lineales, la cual para el cálculo se transforma a carga puntual con un valor de 36.71kg.

- Luego se encuentran las reacciones en los puntos de apoyo por el método de sumatoria de fuerzas y momentos, figura 85. En el punto B se considera al apoyo con rodillo, en donde se produce una fuerza horizontal en los dos tramos, y se compensan entre ellas llegando a un esfuerzo nulo de 0kg.

- La fuerza encontrada RB.y con un valor de 8.74 kgf es la carga que recibe el cumbrero por cada uno de los cabios en ese tramo, de aquí procedemos a analizar la carga que transmite este elemento a los parantes (tochos) incluido su peso propio. Para el tramo 2 se realiza el mismo proceso, figura 86.

Tabla 23.

CALCULO DE CARGA MUERTA DE CUBIERTA				
TRAMO 1	PESO (KG)	U	CANTIDAD	PESO TOTAL
Planchas onduladas e=6mm	11.97	m2	17.4	208.278
Tiras de eucalipto	1.82	ml	53.2	96.824
Cabios de pino	7.67	ml	36.8	282.256
TOTAL				<b>587.358 /16 cabios</b>
Carga en Cabio				36.71 (kg)
Carga distribuida				15.96 (kg*ml)

$$\sum M_B = 0 \quad -R_A \cdot y \cdot 1,92 + 36,71 \cdot \text{sen} \beta \cdot 0,96 + 36,71 \cdot \text{cos} \beta \cdot 0,63 = 0$$

$$R_A \cdot y = 21,95 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_A \cdot y - 36,71 \cdot \text{sen} \beta + R_B \cdot y = 0$$

$$R_B \cdot y = 8,74 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0 \quad 20,14 - R_B \cdot x = 0$$

$$R_B \cdot x = 20,14 \text{ kg}$$

$$\sum F = 0 \quad R_A \cdot y + R_B \cdot y - 36,71 \cdot \text{sen} \beta = 0$$

$$0 = 0$$

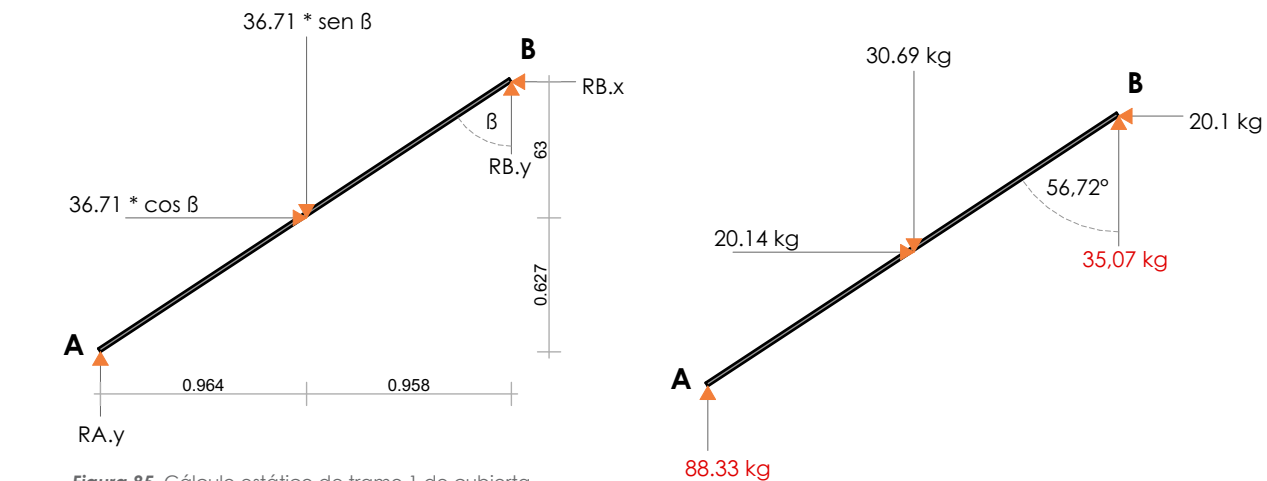


Figura 85. Cálculo estático de tramo 1 de cubierta



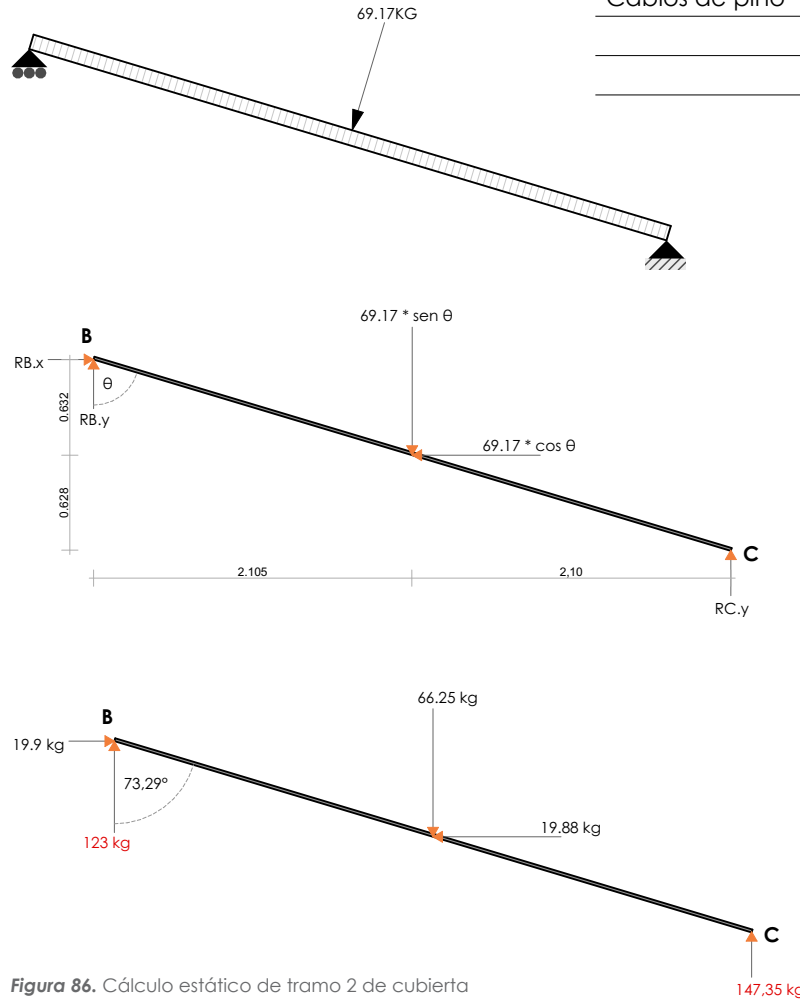


Figura 86. Cálculo estático de tramo 2 de cubierta

Tabla 24.

CALCULO DE CARGA MUERTA DE CUBIERTA				
CARGA MUERTA (TRAMO 2)	PESO (KG)	U	CANTIDAD	PESO TOTAL
Planchas onduladas e=6mm	11.97	m2	33.44	400.28
Tiras de eucalipto	1.82	ml	91.2	165.98
Cabios de pino	7.67	ml	70.4	539.97
				1106.23/16 cabios
Carga en Cabio				69.14 kg
Carga distribuida				15.71 kg*ml

$\sum MB=0$   $RC.y*4,20 - 69,17*\text{sen}\theta*2,10 + 69,17*\text{cos}\theta*0,63 = 0$   
 $RC.y = 36,10 \text{ kg}$

$\sum Fy=0$   $RC.y - 69,17*\text{sen}\theta + RB.y = 0$   
 $RB.y = 30,15 \text{ kg}$

$\sum Fx=0$   $RBx - 69,17*\text{cos}\theta = 0$   
 $RB.x = 19,88 \text{ kg}$

$\sum F=0$   $RB.y + RC.y - 69,17*\text{sen}\theta = 0$   
 $0=0$

Fuerzas en punto B	8.74kg + 30.15kg = 38.89 kg
Baja a cumbrero	622.24
P.P Cumbrero	199.652
P.P Tochos	155.75
	977.642

- Una vez encontradas las dos reacciones RB.y en cada tramo se suman y se obtiene el peso total sobre el punto B de una cercha. El peso total repartido a los parantes es dividido para el número de ellos, es decir, para seis. De esta manera encontramos la fuerza que se transmite a la viga central principal que recibe la mayor carga.

- Esta viga tiene dos puntos de apoyo en los cuales existen 4 paneles y se produce una “luz” (distancia entre apoyos) de 3.65m de longitud. A las cargas puntuales que llegan directamente a las zonas de apoyo sobre paneles, se las toma como cargas continuas; estas bajan directamente al nivel +2.88m.

- Las cargas que llegan al tramo 3 (tramo entre apoyos), se distribuyen mediante el cálculo de viga isostática, con el uso de sumatoria de fuerzas y momentos con cargas puntuales. El valor de P=131.75 kg, es la carga puntual que producen las vigas secundarias las cuales enlazan horizontalmente la cercha y van cada 60cm.

- Luego de calcular las reacciones en los puntos de apoyo, se tiene que en el punto E se produce una mayor reacción con un valor de: 320,34 kg, este se sumará al peso propio de la viga principal dando un valor de 337,02kg sobre el panel de la segunda planta.

- Ahora pasamos al cálculo de carga al panel elegido como más desfavorable. Este recibirá la carga anterior, más el peso propio de la siguiente viga principal y del panel (nivel +2.88) y el peso del piso (con su respectiva área de aporte) con sus respectivas vigas secundarias, figura 000. Resultando un valor de 468.73 kg.

- La carga viva con un valor de 203,86kg.m, se multiplica por el área de aporte del piso, dando un valor de: 1121,78 kg, cantidad que se suma a la carga anterior de 468.74kg; dando como resultado un panel que recibirá una carga vertical total de 1590,51 kg.

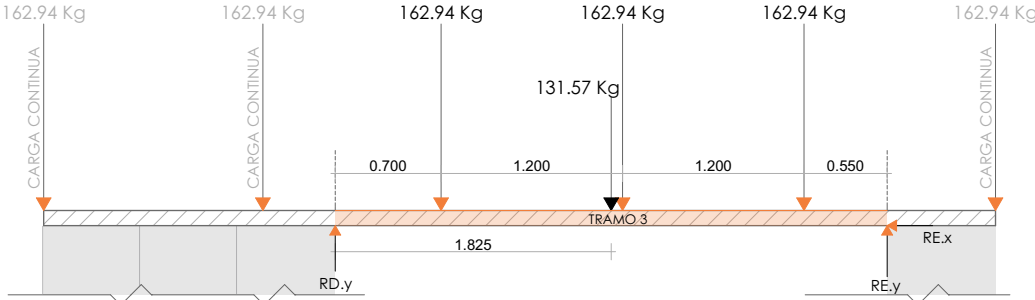


Figura 87. Distribución de cargas sobre la viga

$\sum ME=0$   $-RD.y*3,65 + 162,94*2,95 + 162,94*1,75 + 162,94*0,55 +$   
 $RD.y = 300,15 \text{ kg}$

$\sum Fy=0$   $RD.y - 3*162,94 - 131,57 + RE.y = 0$   
 $RE.y = 320,24 \text{ kg}$

$\sum Fx=0$   $REx = 0$

CARGA EN PANEL Planta Alta	PESO (KG)	U	CANTIDAD	PESO TOTAL
Carga bajante RE.y calculada	320.94	kg		320.94
Viga secundaria sobre panel	3.29	ml	2.36	7.76
Viga principal sobre panel	0.60	ml	13.86	8.31
				337.02

CARGA EN PANEL Planta Baja	PESO (KG)	U	CANTIDAD	PESO TOTAL
Carga bajante	337.0204	kg		337.02
Panel planta alta	24	u	1.00	24.00
Viga principal sobre panel	1.825	ml	13.86	25.29
piso planchas de OSB e=11.1mm	6.66	m2	5.38	35.83
Vigas secundarias	3.29	ml	14.16	46.58
				468.73
Carga viva	203.96	kg	5.5	1121.78
TOTAL				1590.51kg



## 9. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL PANEL ANTE CARGA APLICADA (ESCALA REAL)

El ensayo a compresión del panel a escala real fue realizado en el Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimaticas de la Universidad de Cuenca - Facultad de Arquitectura y Urbanismo. El metodo fue experimental por falta de existencia de la maquina prensadora para ensayos a compresión a escala real.

La metodología utilizada fue mediante carga aplicada (peso de personas), distribuida sobre la sección de los paneles (ver tabla 25), lo que permitió soportar 355.45 kg. No se pudo aplicar mayor carga por falta de espacio en la sección.

A pesar de que la carga que pudo aplicar al panel no fue la máxima admisible a compresión por motivos de falta de espacio en la sección, se analiza el comportamiento que presenta la estructura. El panel no expone ninguna irregularidad durante la aplicación de carga a compresión, pero si un movimiento leve de torsión, esto se dio por motivos de que la sección construida es muy pequeña y no permite la construcción total del entramado de piso para ayudar a rigidizar la estructura, esto trabaja como un sistema conjunto que evita deformaciones o movimientos de torsión.

	CARGA kg
Carga P1	69.10
Carga P2	65.90
Carga P3	74.10
Carga P4	70.45
Carga P5	75.90
CARGA TOTAL:	355.45kg

Tabla 25. Cargas aplicadas al panel estructural



Fotografía 59.  
Aplicación de carga al panel escala real



Fotografía 60.  
Resistencia de carga vertical aplicada al panel escala real

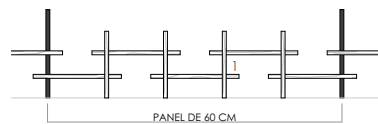


Figura 88. Panel sin aislante

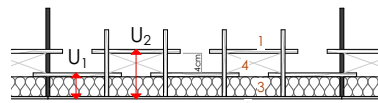


Figura 89. Panel con aislante térmico (poliestireno y lana de vidrio)

1. Eucalipto
2. Tablero aglomerado
3. Aislamiento
4. Cámara de aire

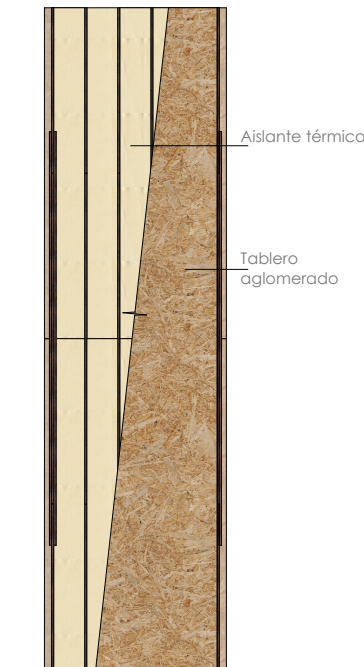


Figura 90. Estructura del panel con aislante térmico

## 10. ANÁLISIS DEL FACTOR U PARA EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL PANEL

Como resultado final, el prototipo responde adecuadamente a una búsqueda formal estructural logrando cumplir con el objetivo planteado; además en la arquitectura no podemos olvidarnos del usuario el cual va a habitar y hacer uso de este prototipo. Por esta razón se realiza un análisis de comportamiento térmico del prototipo como elemento independiente para verificar un confort térmico interno el momento de trabajar en conjunto en la aplicación a una vivienda.

Se analiza el prototipo en función al sistema proporcionado en el taller “Espacios Verdes Sostenibles” desarrollado en el Congreso Internacional Educar para Arquitectura Sostenible expuesto en el año 2015 en la Universidad de Cuenca en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Es un sistema de la empresa URSA Uralita, que tiene como objetivo el calcular el coeficiente de transmitancia térmica (valor  $U$ ) de un elemento constructivo siguiendo el procedimiento que prescribe la norma española UNE-EN ISO 6946.

Se realiza el análisis del panel con madera de eucalipto de 8mm de espesor como material único del prototipo, ver figura 88; se obtiene valores altos del coeficiente de transmitancia térmica “ $U$ ” siendo este de 4.88 w/m<sup>2</sup> k (Ver anexo 11), es decir, al ser aplicado a una vivienda el confort térmico disminuye por la alta pérdida de calor que se produce por medio del panel como sistema de envolvente.

Por esta razón es necesario la implementación de un aislante térmico para mejorar los valores de transmitancia térmica en el panel y mejorar así la aislación térmica y disminuir la pérdida de calor; se procede al análisis por medio de cálculo con dos aislantes que se pueden encontrar en nuestro medio que son poliestireno y lana de vidrio:

El poliestireno expandido y extruido es un polímero termoplástico que se utiliza generalmente en la construcción como un aislante térmico. Este material se le aplica al prototipo (panel) para analizar el comportamiento que presenta al componer un panel conformado con la cara exterior de madera de eucalipto de 8mm de espesor, una cámara de aire intermedia y poliestireno cubierto con tableros de madera aglomerada como se muestra en la figura 89. El valor  $U$  de transmitancia térmica que obtiene este panel no es uniforme en toda su extensión lo que se proporciona a la verificación por tramos siendo este de  $U_1 = 2.16$  w/m<sup>2</sup> k (sin cámara de aire) y  $U_2 = 1.81$  w/m<sup>2</sup> k (Con cámara de aire) (Ver anexo 12 y 13), tomando siempre en consideración el valor más desfavorable; mejora en comparación al panel sin aislamiento pero no es el más favorable para mantener al usuario en un confort térmico dentro de la vivienda a la que va a ser aplicado el prototipo.

Por otro lado, se analiza al panel con la aplicación de lana de vidrio que es un aislamiento térmico de fibras minerales con filamentos de vidrio unidos con aglutinantes generando espacios de aire interno que ayudan a ganar resistencia de transmisión de calor. Se aplica al panel lana de vidrio introducida en los espacios internos que se genera por la morfología del panel aumentando un cerramiento interno en el panel con la aplicación de tableros de madera aglomerada como se muestra en la figura 89.

Como resultado de este sistema aplicado no se obtiene un valor unificado en toda la extensión del prototipo por motivos de la morfología que presenta, obteniendo valores por tramos siendo estos de transmitancia térmica de  $U_1 = 0.72$  w/m<sup>2</sup> k (sin cámara de aire) y  $U_2 = 0.68$  w/m<sup>2</sup> k (con cámara de aire) (Ver anexo 14 y 15), tomando en consideración el valor más desfavorable el cual presenta un valor aceptable para un comportamiento adecuado con pérdidas bajas de calor, lo que mejora la resistencia de transmisión térmica generando un confort para el usuario dentro de la vivienda al que va a ser aplicada como elemento estructural y de cierre. Con estos criterios se recomienda el uso de lana de vidrio para la aplicación en el panel como material aislante favorable.

## 11. DURABILIDAD Y TRATAMIENTO DE LA MADERA

### 11.1. DURABILIDAD DE LA MADERA EN LA VIVIENDA

En la Norma Chilena NCh 789/1 of.87, la durabilidad natural se define como la capacidad de la madera de resistir el ataque de los diferentes agentes biológicos de destrucción, sin ningún tratamiento de preservación (INN, 1979).

Un concepto más general de durabilidad natural incluye la resistencia del material leñoso tanto al ataque de organismos vivos (hongos, insectos y horadadores), como la resistencia al deterioro por desgaste mecánico y producto de diversas condiciones ambientales (Cartwright, 1958).

La durabilidad en el ambiente de la madera y en este caso del eucalipto no se puede calcular exactamente ya que depende de muchos factores como los siguientes:

#### - Crecimiento en zonas con vientos:

Los árboles que crecen en zonas con vientos excesivos desarrollan una mejor resistencia a la tracción y una mayor densidad y dureza en la composición del material, lo que la hace menos propensa a filtrar humedad y aumenta la resistencia contra el ataque de insectos como la polilla.

#### - Estación del año en la que se cosecha la madera:

La madera cosechada en verano obviamente presentará menos humedad por lo que será mejor su condición para el secado, mejorando su estabilidad dimensional.

#### - Secado de la madera:

El tipo de secado de la madera y las condiciones en la que es secada es muy importante ya que de esto deriva su estabilidad dimensional y disminuye el riesgo de la aparición de grietas u otro tipo de defectos.

#### - Protección en la intemperie:

La protección contra la lluvia y el sol mediante el diseño arquitectónico o el tratamiento que se dé al material juegan un papel transcendental en la resistencia de éste.

Los rayos ultravioletas del espectro solar producen la desaparición de la lignina en la madera, cambiando el color de ésta dándole un tono oscuro.

Al estar expuesto a la intemperie depende del tipo de tratamiento (resinas, pinturas, lacas, etc..) que se aplique en la madera contra la humedad y el mantenimiento constante que se aplique para que éste resista en mayor o en menor medida.







- Esfuerzos mecánicos:

El uso continuo de la madera puede producir desgaste en el material, generando como resultado fatiga y pérdida de resistencia del mismo.

- Protección contra bacterias, hongos xilófagos e insectos:

Esto depende también de la especie de madera utilizada, algunas presentan algún componente químico en su composición anatómica que repele el ataque de insectos, hongos o bacterias. Según ESTUDIO DEL BIODETERIORO EN MADERA DE Eucalyptus globulus Lab. (2004) estos seres vivos dependen de cuatro condiciones esenciales para su desarrollo los cuales son: oxígeno, temperatura, sustrato y humedad; en donde la ausencia de uno de estos factores disminuye en gran medida la aparición de ellos.

Un rango de temperatura óptimo para la aparición de hongos oscila entre 25° y 32°C, sin embargo otros pueden aparecer en otras condiciones pero disminuye su probabilidad de supervivencia. La humedad propicia para la aparición de hongos se da en valores mayores al 28%, en donde generalmente las maderas con un contenido de humedad menor al 20% son casi inmunes a estos aunque también depende de la especie de madera.

Según ESTUDIO DEL BIODETERIORO EN MADERA DE Eucalyptus globulus Lab. (2004) estos seres vivos dependen de cuatro condiciones esenciales para su desarrollo los cuales son: oxígeno, temperatura, sustrato y humedad; en donde la ausencia de uno de estos factores disminuye en gran medida la aparición de ellos.

11.2. TRATAMIENTO PREVENTIVO PARA LA PRESERVACIÓN DE LA MADERA

La especie Eucalyptus Globulus tolera el fuego, y es resistente al ataque de termitas y perforadores marinos. La albura se reporta moderadamente resistente al ataque del Lyctus. (Ficha Técnica No. 15 EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL), Ecuador Forestal, 2013.

La madera tratada puede cuadruplicar o hasta quintuplicar su vida útil. En el caso del eucalipto es imposible de tratar con sales a presión o métodos de inmersión debido a su alta densidad, por lo que se recomienda utilizar tratamientos superficiales, con penetración entre 1mm y 3mm. La durabilidad de la madera con el uso de tratamientos superficiales o de inmersión dependerá de la cantidad de sustancia impregnada en el material.

La retención de esta sustancia tendrá un plazo de vida en donde luego procederá a deteriorarse, en cambio, la absorción de la sustancia permite mejores resultados y mucho más tiempo de durabilidad. La madera de eucalipto es poco permeable por lo que es posible que se necesite dar mantenimiento cada cierto tiempo, hasta el momento no ha sido posible determinar el tiempo exacto en el que el material necesite de un mantenimiento, por lo cual se recomienda que este control se de por parte del usuario mediante un análisis visual; se pueden hacer pequeñas incisiones en las piezas de manera para facilitar la absorción de la sustancia.

- Pincelado:

En climas poco agresivos, se puede utilizar tres manos de una capa superficial con brocha la cual no llegará a penetrar más de 2cm pero dará buenos resultados en este medio.

Pulverizado:

Tiene los mismos resultados que las tres manos con brocha, y se puede utilizar las mismas sustancias que en el pincelado, se realiza industrialmente en una máquina que recubre todas las caras de la pieza, también se puede hacer manualmente con spray.

- Inmersión breve:

Se sumerge la madera en una solución a temperatura ambiente preferiblemente por más de 10 minutos. Continuando con el secado de la madera en donde se emplean protectores en disolvente orgánico, lo cual sirve para impregnar piezas acabadas de poco grueso.

TRATAMIENTOS CON AUTOCLAVE

Se utiliza mediante procesos industriales para grandes cantidades de material hasta 6m3 en una hora. Es un tratamiento preventivo en donde la madera debe tener una humedad menor al 30% se utiliza un cilindro de impregnación en donde se calienta con vapor de agua o con la sustancia protectora y sometiénola a un vacío que favorezca la rápida evaporación del agua hasta llegar al porcentaje de humedad deseado.

TRATAMIENTOS QUÍMICOS

Se utilizan preferencialmente biosidas, los cuales contienen componentes tóxicos para insectos, hongos o bacterias. Es preferible evitar este tipo de componentes que pueden nocivos para el humano.

PROTECCIÓN IGNÍFUGA

Es un tratamiento en donde se utilizan productos a base de fosfatos y sulfatos de amonio, sodio o borato, ácido bórico, silicato de sodio, potasio o clorados. Se puede realizar tanto superficialmente como en profundidad.

11.3. RECOMENDADO PARA EL SISTEMA PROPUESTO

Los arquitectos tomando datos referenciales de personas instruidas del tema de construcción se ha elaborado las siguientes recomendaciones para prolongar la vida útil de la vivienda. Arq. Cesar Piedra, Arq. Alfredo Ordoñez y Arq. Juan Pablo Astudillo.

INSECTOS, BACTERIAS U HONGOS XILÓFAGOS.

Bajo las condiciones adecuadas establecidas mediante el diseño y las condiciones del medio ambiente de la ciudad de Cuenca, se han inducido que no es necesario la utilización de componentes químicos para la protección contra insectos, bacterias u hongos xilófagos. "Por ser una madera muy resistente, de momento no se conoce en el país la presencia de plaga o enfermedad. En el caso del eucalipto tropical, el principal enemigo es la hormiga arriera" (ATTA-SP.)







**Fotografía 61.**  
Cerramiento de Eucalipto de vivienda en Deleg



**Fotografía 62.**  
Sistema de cierre de vivienda en Deleg

## HUMEDAD

La elevación de la vivienda del piso y las canaletas generadas para evacuación del agua lluvia disminuyen el riesgo de daño de las piezas por humedad.

Las piezas que componen las vigas asentadas sobre los bloques de cimentación deberán ser revestidas con brea en los extremos de apoyo, en donde se podría acumular agua.

Si las piezas son industrializadas es preferible utilizar el método de inmersión ya que se logran mejores resultados de absorción y se mejora el tiempo de producción (costo) y al ser elementos de 8mm de espesor tiene mucho más beneficio, se disminuye la necesidad de dar mantenimiento constante.

Se puede utilizar capas de aceite quemado, pintura asfáltica, o lacas dándole tres manos de brocha, esperando a que cada una de ellas se seque y dando un mantenimiento constante antes de cada invierno hasta por dos años. Estos dos casos se podrían aplicar con el panel ya armado o por piezas.

Se puede decir que una vivienda de madera sin ningún tipo de tratamiento aplicado (estado natural), podría tener un tiempo de vida útil de 10 a 20 años bajo las condiciones ambientales de nuestro medio (clima de Cuenca) y en condiciones de diseño del prototipo propuesto aplicado a una vivienda. En cambio, si se le aplica cualquier tratamiento anteriormente mencionado, se puede conservar en buenas condiciones y funcionamiento adecuado con un promedio de 50 años a 80 años de vida útil, datos establecidos por los arquitectos Cesar Piedra y Juan Pablo Astudillo.

A continuación se muestra un ejemplo de una vivienda de aproximadamente 100 años habitada por 4 familias en diferentes épocas en donde el único revestimiento y mantenimiento que se ha dado es manos de pintura, y se observa una estabilidad y funcionamiento bueno.



Provincia del Cañar,  
Cantón Déleg  
Temperatura promedio: 13,45°C  
Altura: 2600 m.s.n.m.  
Humedad promedio: 76,06%

**Fotografía 63.**  
Vivienda en Deleg-Cañar



**Fotografía 64.**  
Cerramiento con madera de eucalipto pintada

## 11.4. TRATAMIENTO DEL PANEL EN LA VIVIENDA

El panel al estar elaborado por materia prima (madera natural no procesada), está expuesto a agentes externos que pueden afectar en su comportamiento estructural y disminuir el tiempo de vida útil del material.

Por este motivo es necesario la aplicación de algún compuesto natural o químico que refuerce su capa exterior para evitar ingresos de insectos o humedad que deteriore la estructura.

Por experiencia de ancestros, se recomienda la aplicación de diésel como sustancia de protección de bajo costo y fácil adquisición en el medio, con un comportamiento de protección buena ante la lluvia y ataque de insectos. El tratamiento que se debe dar es la aplicación del producto cada siete días en un periodo de 21 días (3 veces cada 7 días) para mayor absorción y mejor protección.

Es necesario que se especifique que no es la única sustancia de protección de la madera, en el mercado se puede encontrar otras sustancias químicas de protección del material de fácil asequibilidad y de buen comportamiento y absorción utilizada desde nuestros ancestros en la construcción en madera siendo estas:

- Aceite quemado de carro
- Cera de abeja
- Cera de piso diluida
- Gasolina de búnker de aviones mezclado con naftalina.

En la actualidad, en el mercado existen sustancias químicas ya procesadas para evitar el ataque de insectos durante y posterior a la construcción en madera; la aplicación de estas sustancias deberán ser empleadas según especificaciones técnicas que presente el producto dado por el proveedor teniendo los siguientes:

- Aceite de linaza crudo
- Selladores (lacas)
- Barniz
- Pintura asfáltica

Sin embargo hay alternativas de protección del material que pueden ser aplicadas, esto dependerá de la economía del usuario en caso de que se desee utilizar sustancias avanzadas por el empleo de químicos, aumentando al costo



**Fotografía 65.**  
Aceite quemado de auto



**Fotografía 66.**  
Aplicación de aceite quemado en la madera



# 12. CONCLUSIONES

## CAPÍTULO II

- Al analizar los factores cualitativos y cuantitativos de varias especies de nuestra localidad, se define que la especie Eucalyptus Globulus Labill, nombre común eucalipto, es la más adecuada para el uso en la construcción, por los siguientes aspectos: economía, facilidad de obtención, buenas propiedades mecánicas y físicas (ante agentes externos) y alta prioridad de reforestación.
- Como determinantes del sistema propuesto, se pretende optimizar los formatos ya establecidos, con los que se distribuye la madera para la venta; se utiliza la tabla como elemento único para reducir la cantidad de combinaciones entre formatos. La generación de varias piezas para conformar el panel estructural sirvió para crear un entramado en donde todas las piezas juntas trabajan en conjunto sin la necesidad de incluir otro tipo de material con diferentes propiedades; cada una de las piezas tiene una función, facilitar el trabajo de armado en obra.
- El diseño del prototipo (sistema), plantea ser panel estructural y de cierre al vincular la parte arquitectónica e ingenieril, estética y función.
- Logrando de esta forma que toda la estructura trabaja en conjunto, es decir, cimientos, vigas, ángulos, paneles y recubrimientos aportan en su totalidad al comportamiento de la estructura como un solo sistema.
- Los resultados del cálculo para pre-diseño estructural muestran que el panel resiste con efectividad ante cargas axiales, esbeltez y longitud efectiva. Datos que cumplen con la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC), basada en el Manual de Diseño Para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT/JUNAC).
- Como parte de la importancia de la habitabilidad y el confort de los usuarios en el uso de este sistema planteado, se da la alternativa de mejorar la transmitancia térmica del panel estructural con un valor  $U=0.72 \text{ wm}^2\text{k}$  mediante un aislante termico (lana de vidrio), el cual requiere un aumento de costo de la vivienda, pero mejora las condiciones térmicas internas de la misma.
- El costo final de la obra aumenta con el uso del aislante térmico, sin embargo, el valor final presupuestado sigue siendo menor al de los otros sistemas comparados, con el beneficio de mejorar las condiciones habitables en la vivienda.



# 03

CAPÍTULO



# MANUAL DE CONSTRUCCIÓN

PANEL ESTRUCTURAL DE MADERA

Autores: Ana Gabriela Ochoañez Alvarado - Immael Santiago Carpio Flores  
CUENCA - 2017



## CONTENIDO

1. Introducción.....
2. Especificaciones.....
3. Materiales.....
4. Herramientas.....
5. Tipología de piezas.....
6. Corte de piezas.....
7. Proceso de armado del panel.....
8. Proceso de montaje del panel en la vivienda.....
9. Ventajas.....
10. Recomendaciones.....
11. Presupuesto.....





## INTRODUCCIÓN

El panel estructural de madera aserrada se presenta en una forma innovadora dentro de la arquitectura; replantea el concepto de muros de cierre y muros de carga fusionándolos en un solo cuerpo, doble función = reducción de costos. Compuesto por varios elementos (piezas) generan conjuntamente un entramado que carece de clavos o pegantes industriales.

Con su doble función tanto estructural como envolvente este sistema también permite el paso de tubería para instalaciones por su interior sin afectar la gran calidad estética que brinda su textura.

La esbeltez de sus piezas son determinantes para una construcción liviana la cual disminuye considerablemente la necesidad de una estructura robusta.

Los paneles pueden reemplazarse en caso de daño según la necesidad del usuario gracias a una pieza maestra que tiene tres funciones llamada rigidizador. Esta pieza sirve como junta estructural entre paneles, permite la unión entre ellos en el armado, y rigidiza la estructura reduciendo los esfuerzos de flexión y cortante en el panel.





## E SPECIFICACIONES DEL PANEL

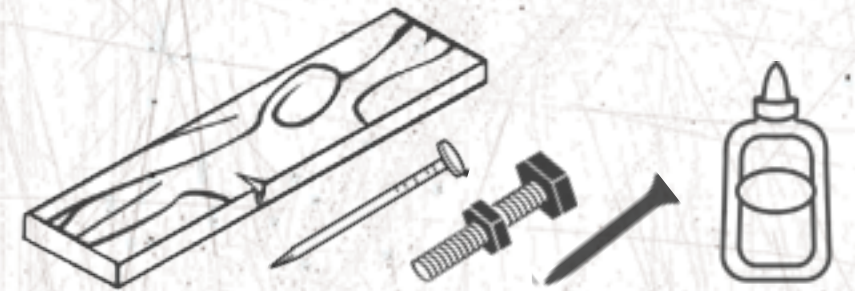
Material: Eucalipto  
Dimensiones: 60x240x13,5cm  
Humedad del material: 12% - 19%  
Peso Propio: 24kg  
Resistencia a compresión: 1618.33kg c/panel





## MATERIALES

- Madera de eucalipto
- Tornillos con tuerca
- Clavos



## HERRAMIENTAS

- Máquina canteadora
- Sierra circular
- Martillo
- Cincel plano





# COMPONENTES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

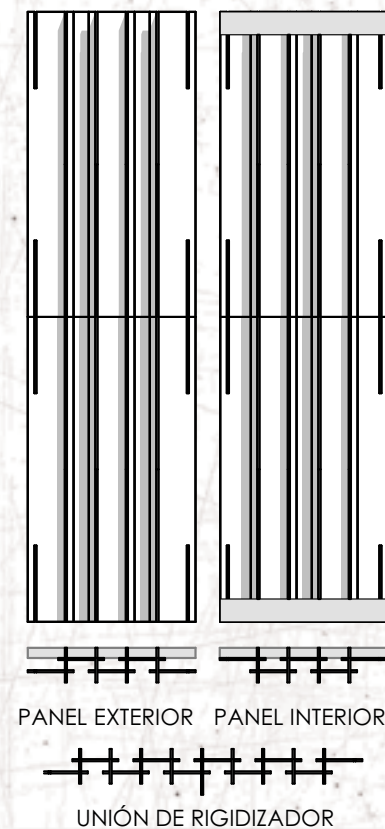
Para comenzar la construcción de los paneles, es necesario entender como se compone el sistema respecto a la utilidad de sus piezas.

- Paneles Exteriores
- Paneles Interiores
- Rigidizadores
- Vigas Compuestas
- Uniones de esquina
- Uniones en T

## PANELES

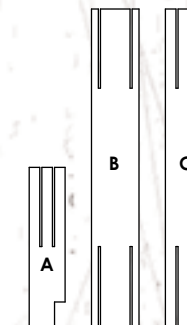
Paneles exteriores: como se muestra en el gráfico (a), los paneles están conformados por tres elementos horizontales que dan hacia el exterior, y dos hacia el interior.

Paneles interiores: conformados por dos elementos horizontales hacia el exterior y tres hacia el interior.



## PIEZAS PARA PANELES

- Las piezas A son las primeras en transmitir las cargas sobre las vigas y las primeras en colocarse; sirven para estabilizar el sentido perpendicular a la longitud del panel.
- Las piezas B sirven para estabilizar el sentido longitudinal del panel y generan el cierre del mismo.
- Las piezas C sirven para eliminar la flexión en la sección menor del panel.



## PIEZAS PARA RIGIDIZADORES

Los rigidizadores sirven como apoyo estructural para los paneles anclándose a ellos con zunchos. Son piezas que se pueden extraer eventualmente para reemplazar los paneles.

## VIGAS COMPUESTAS

Transmiten las cargas a los paneles y afirma la conformación estructural entre los diferentes pisos. También sirven para sostener la estructura de piso y como evacuadores de aguas lluvias.

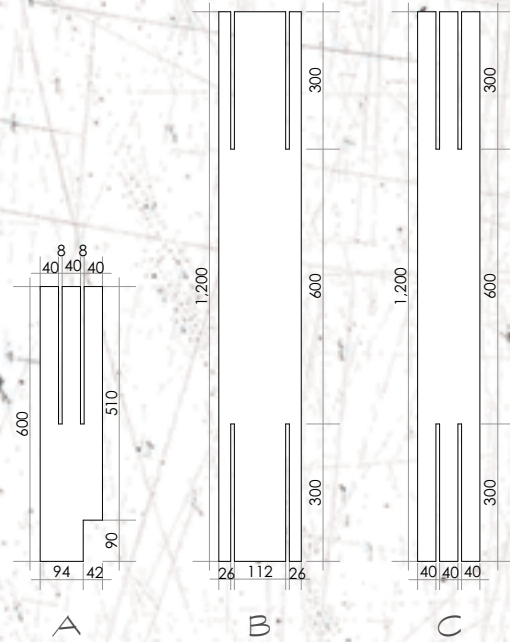
## UNIONES

Para las uniones esquineras y perpendiculares o en (T) se utilizará una pieza adicional con características similares a las demás.

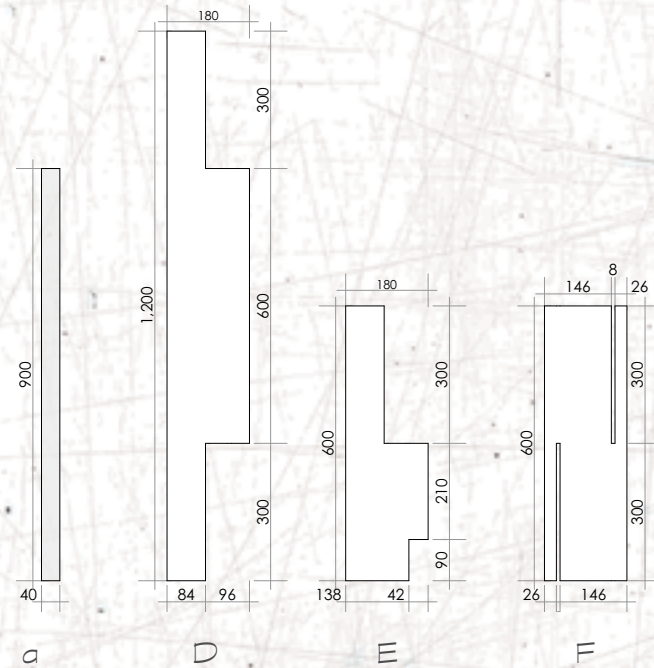




# TIPOLOGÍA DE PIEZAS

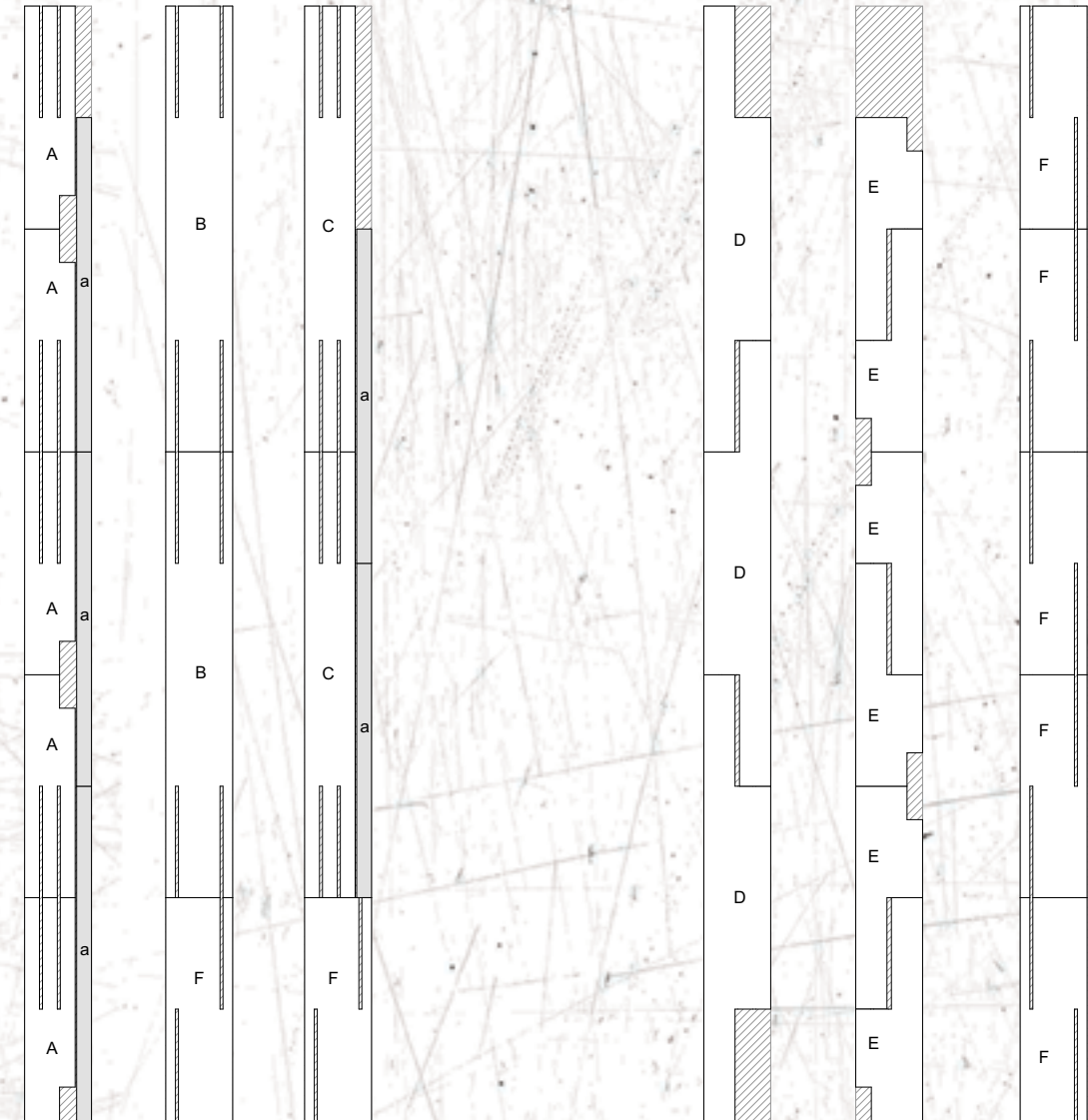


- Piezas para construcción panel A,B, y C
- Piezas para rigidizador entre panel D, E y a.
- Piezas, rigidizador de esquina B, D, F y a.



## CORTE DE PIEZAS

- Alternativas de corte de piezas en tablas de 18cm x 300cm





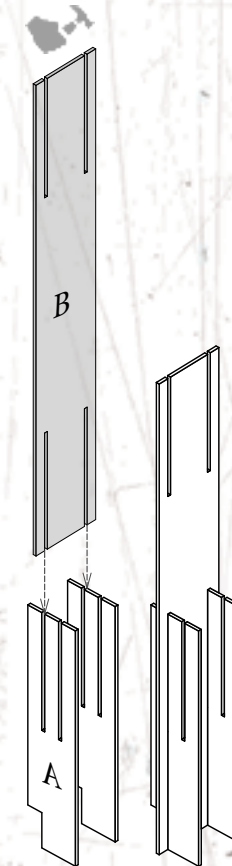
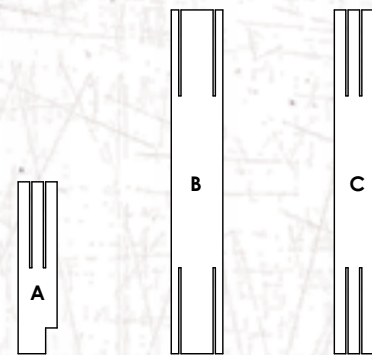
## PROCESO DE ARMADO DEL PANEL

Las piezas A son las primeras en colocarse. Se comienza armando con dos piezas en posición vertical a una distancia de 12cm (entre ellas), y posteriormente se coloca la pieza tipo B encajándose sobre las dos primeras piezas.

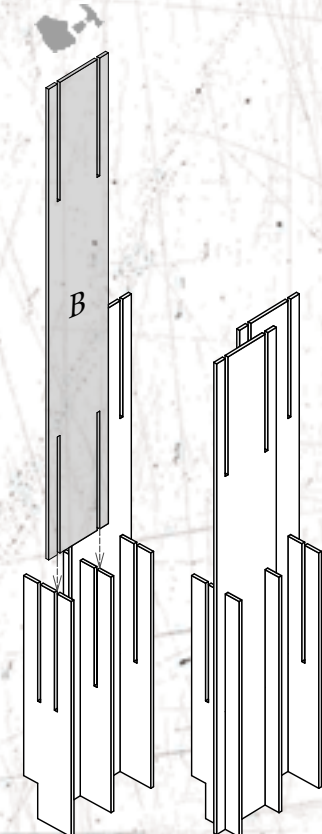
Una vez armado esto se consigue estabilizar esta primera sección del panel.

Las siguientes piezas A se colocan longitudinalmente en un mismo eje en sentido de su cara mayor.

Luego se prosigue a colocar las demás piezas A y B de manera que las siguientes piezas tipo B se vayan traslapando según lo permite los agujeros de las horquillas.



1



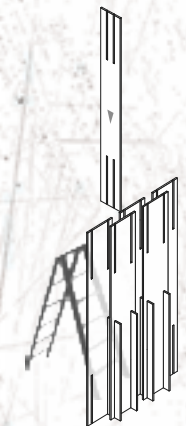
2





Una vez colocadas las piezas conformando la mitad del panel, procedemos a colocar las piezas tipo C, las cuales son la continuidad de las piezas A y sirven para reducir la flexión en el panel.

En este punto se puede trabajar de dos maneras ya que la altura del panel complica la colocación de las siguientes piezas. Por lo que, el armado se puede continuar de forma vertical u horizontal.

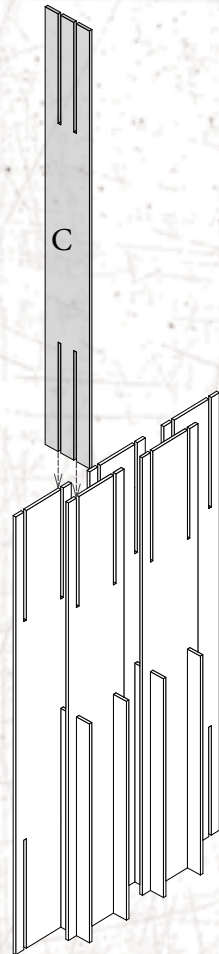


ARMADO VERTICAL

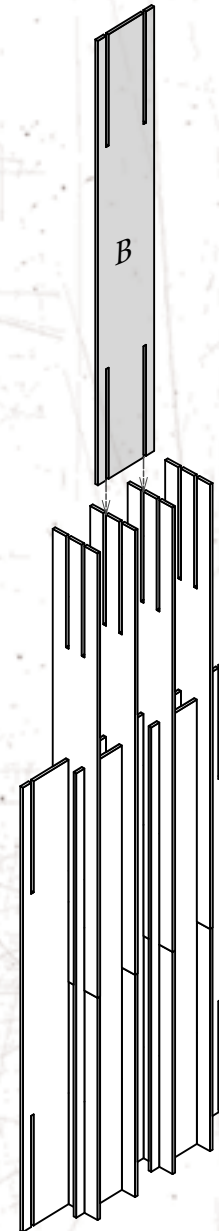


ARMADO HORIZONTAL

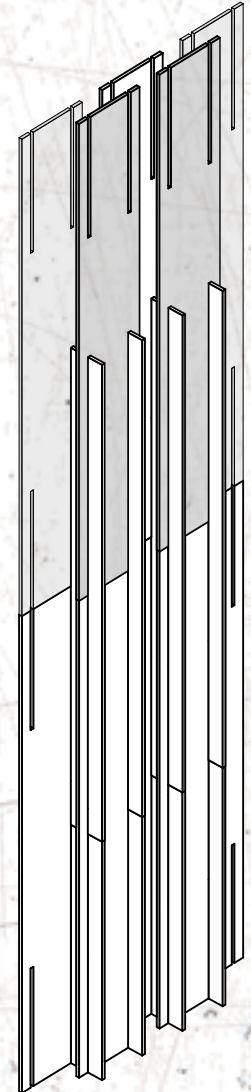
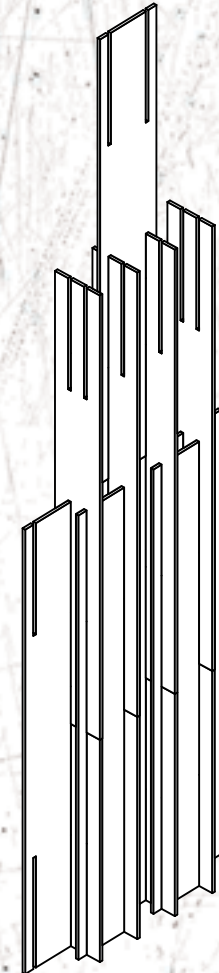
3



4



Se coloca una vez más las piezas tipo B, las cuales continúan la longitud de las anteriores piezas tipo B; sirven como cierre longitudinal y aportan estructuralmente en este mismo sentido.

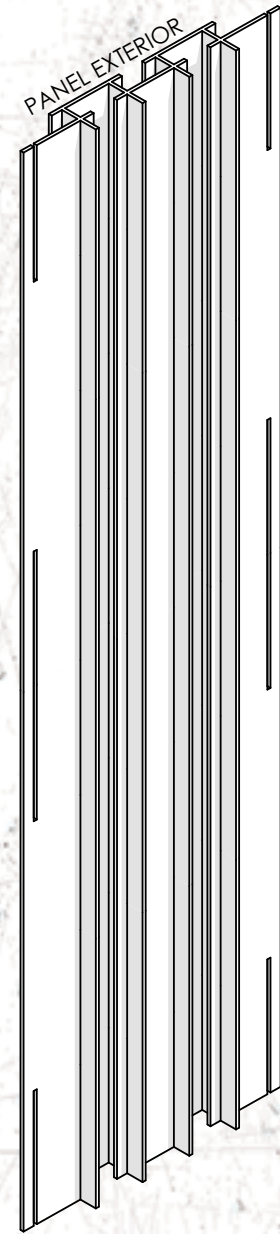
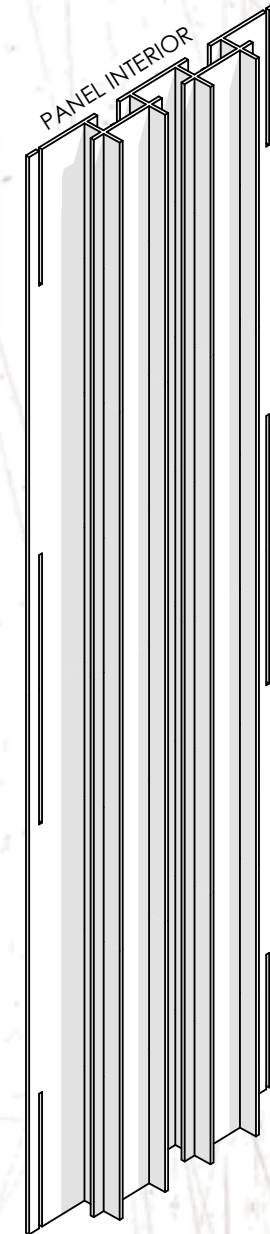
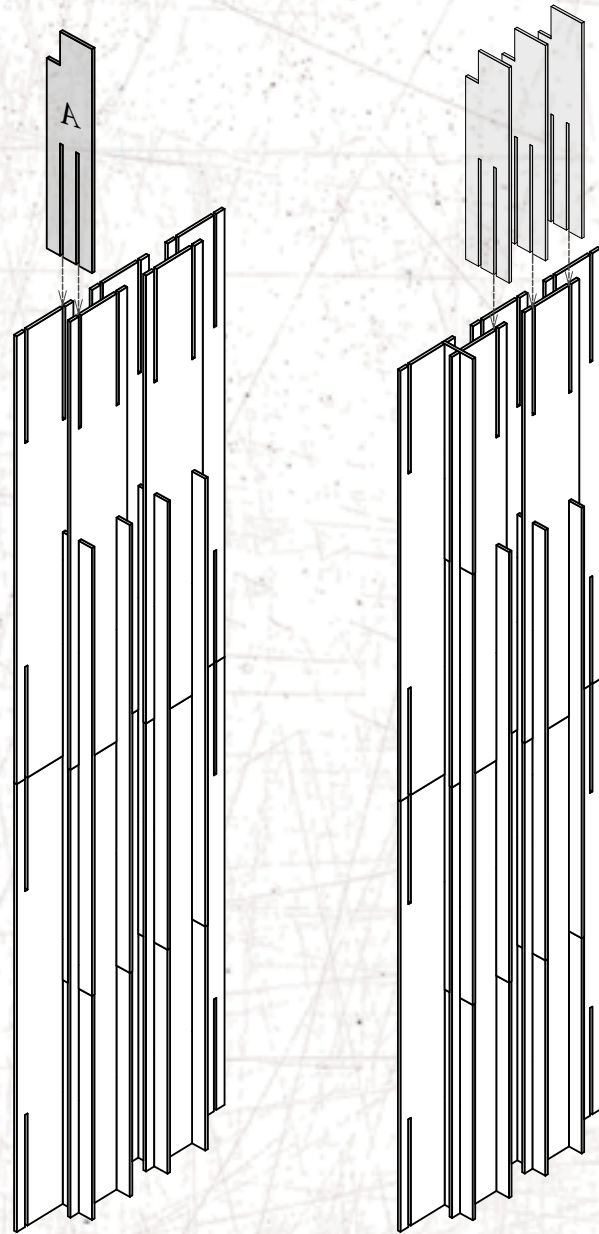




Las últimas piezas a colocarse son una vez más las piezas A, de esta manera se cierra la conformación estructural del panel.

Del mismo modo que las piezas anteriores es preferible colocarlas con el panel en posición horizontal en el suelo y con un apoyo en el otro extremo, de esta manera se previene que este se vuelque produciendo algún accidente en el mismo.

51





## COLOCACIÓN DE AISLANTE TÉRMICO

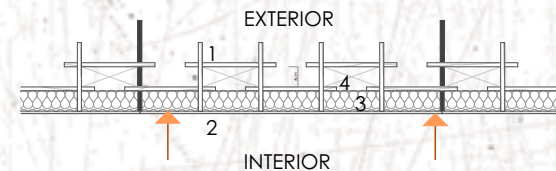
OPCIÓN: Colocación de aislante térmico.

Como aislante térmico se puede utilizar preferiblemente lana de vidrio que mejora las condiciones de aislamiento.

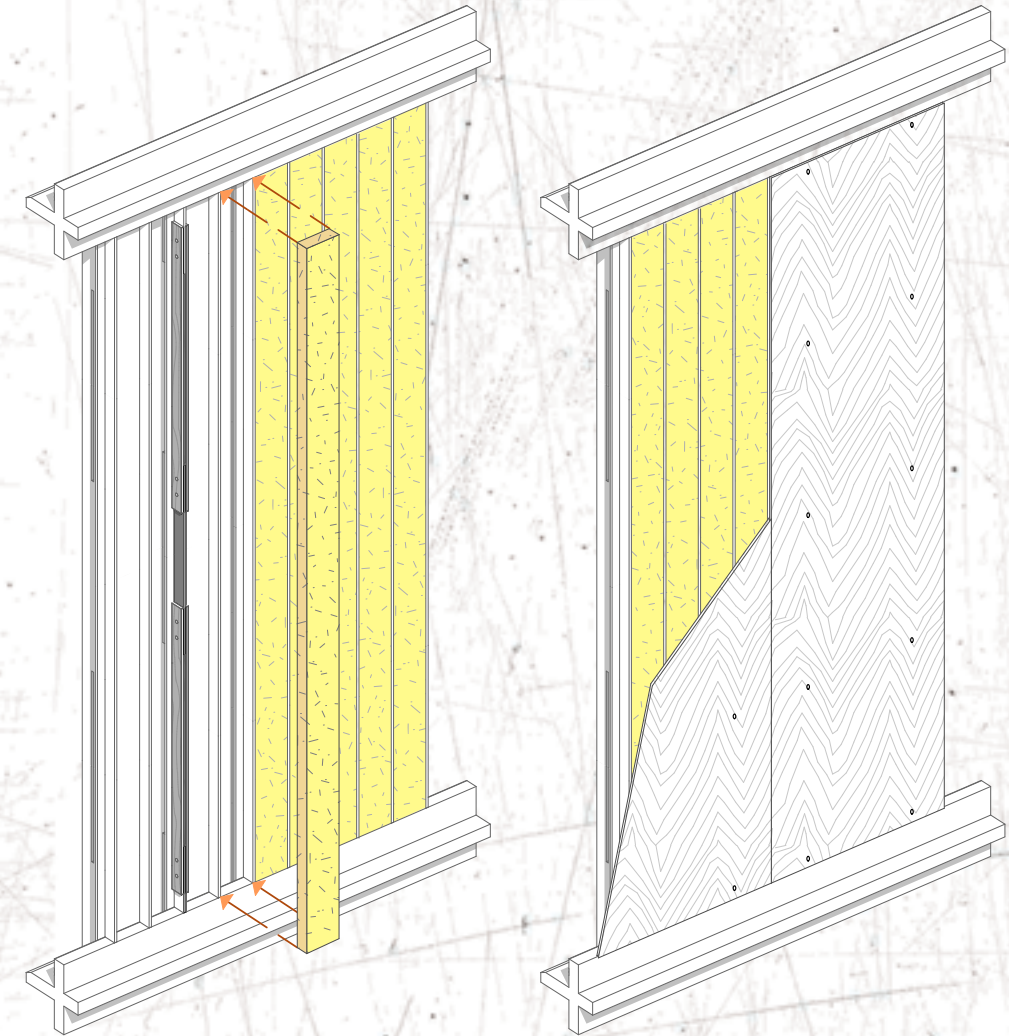
- Se puede mandar a cortar en tiras de 12cm de ancho por 2,4m de largo para agilizar la colocación. Su espesor debe ser de 4cm (ancho del agujero del panel).

-Se coloca simplemente presionando en los agujeros del panel, en donde en ciertos tramos quedarán cámaras de aire como se muestra en la planta de detalle.

- Las planchas de recubrimiento de 5mm de espesor se colocan contra las franjas salientes del panel desde el interior, con el uso de tornillos para madera de 1cm o media pulgada.

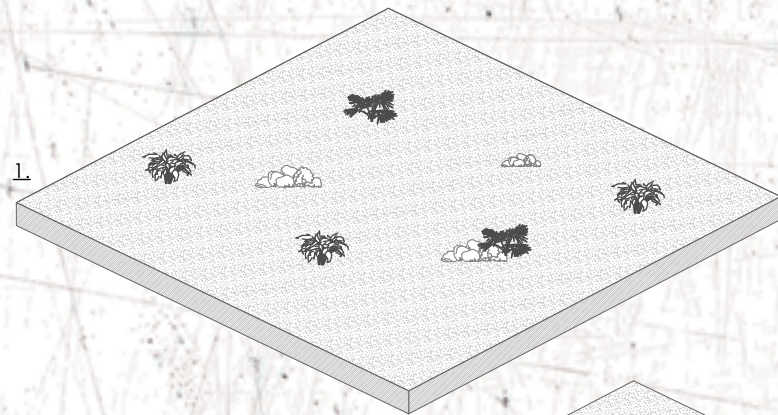


1. Panel estructural de eucalipto
2. Tablero de osb o similar
3. Aislante térmico lana de vidrio
4. Cámara de aire

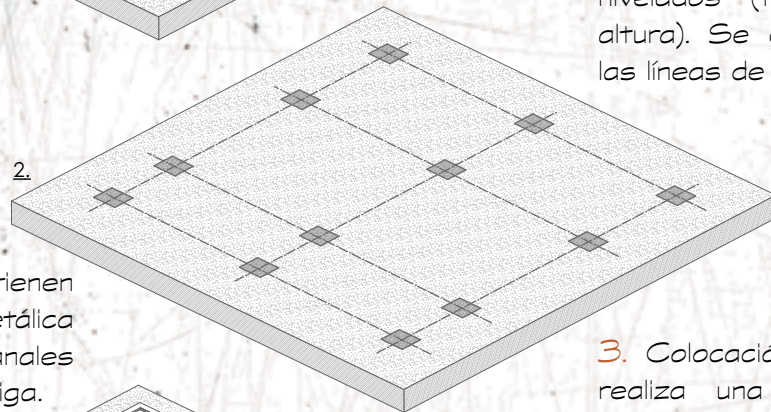




# PROCESO DE MONTAJE DEL PANEL

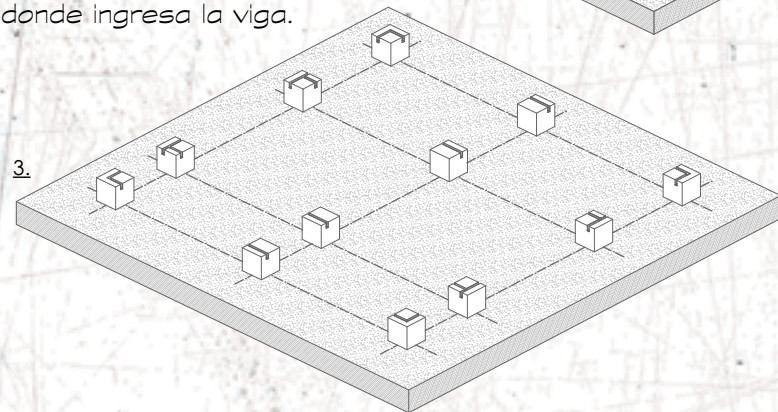


1. Desbroce y Limpieza del terreno. Se eliminan montes, rocas, residuos, etc., que obstaculicen la posición de los bloques de cimentación.

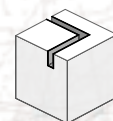


2. Replanteo. Se trazan las escuadras por donde van los cimientos. Los puntos en donde van los cimientos deben estar nivelados (todos a la misma altura). Se debe dejar trazado las líneas de las instalaciones.

Los cimientos contienen una placa metálica fundida en los canales donde ingresa la viga.

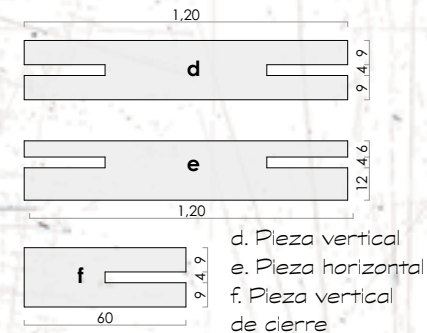


3. Colocación de cimientos. Se realiza una excavación sobre los puntos de cimentación para fundir una base de hormigón. Al secar se colocan los bloques de hormigón prefabricados.

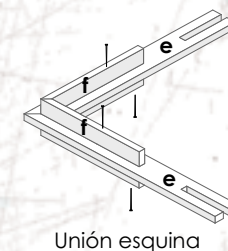
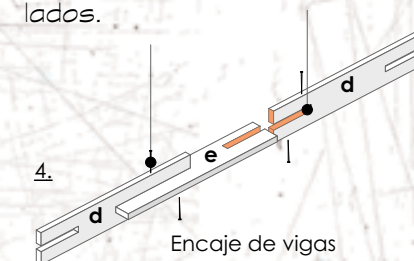


a. Cimiento esquinero  
b. Cimiento en T  
c. Cimiento lateral

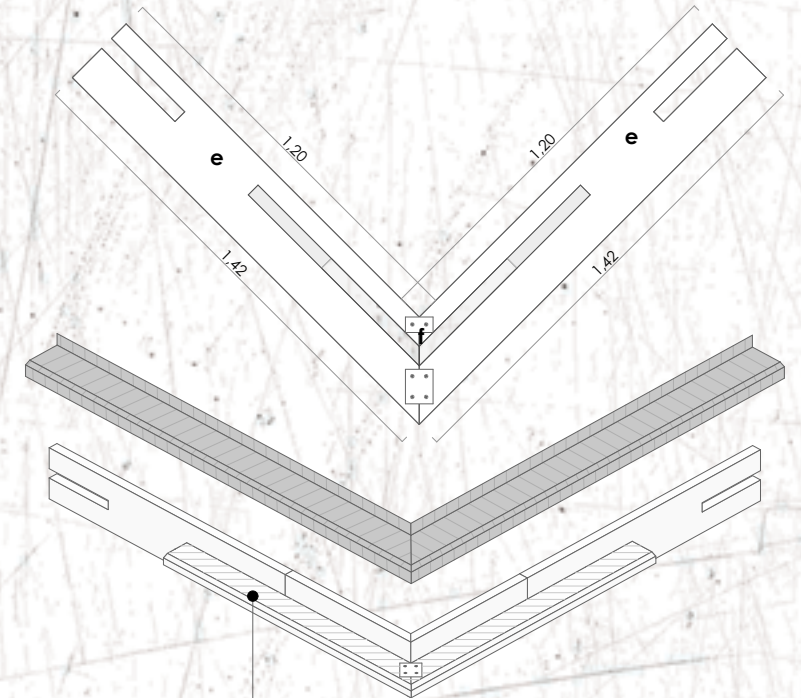
4. Vigas compuestas. Funcionamiento similar que las piezas del panel. (conformado de 3 piezas con corte a



Se debe engomar las caras empalmadas y posteriormente usando clavos de 5", en ambos lados.

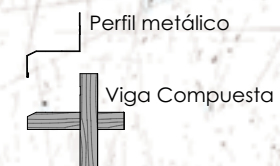


Unión esquina (vista superior), se une con piezas cortadas a 45° ajustadas con dos placas atornilladas.

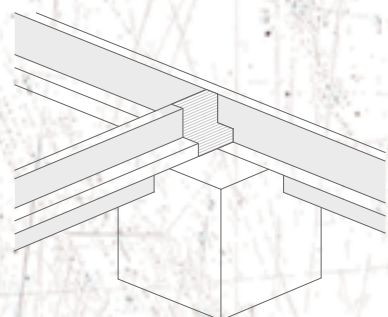
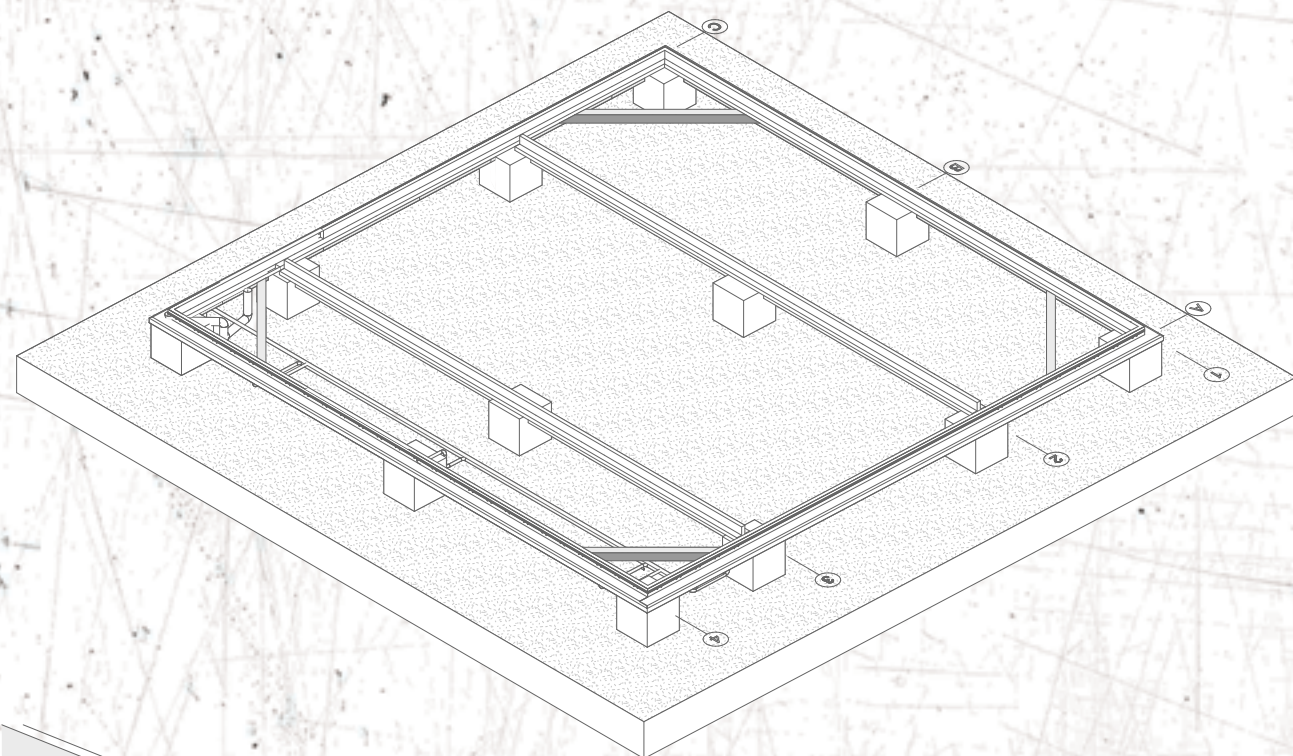


Las vigas deben tener un desnivel de 2% en sus caras exteriores para la evacuación de aguas lluvias.

5. Colocación de perfilera metálica doblada para aguas lluvias. Se traslapa 30cm en su longitud.

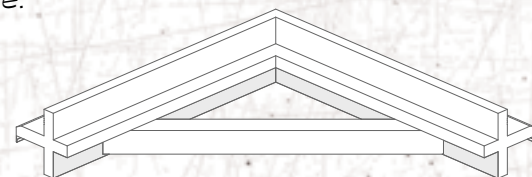






Las vigas medianeras deben estar unidas a las de borde, esto se puede hacer de manera improvisada usando tablas o tiras.

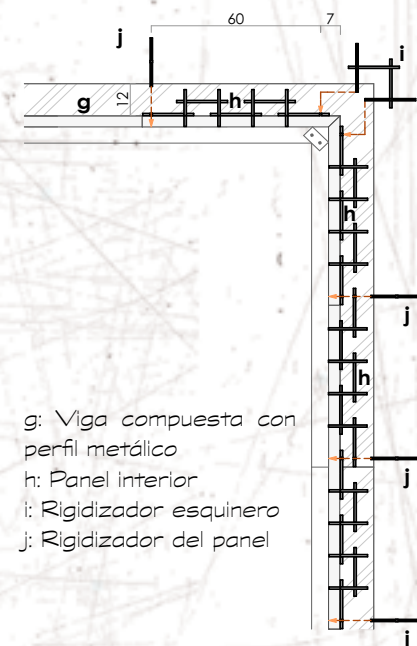
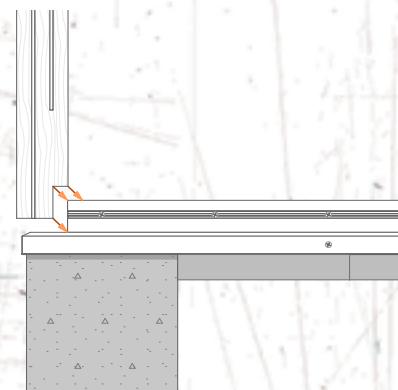
Al colocar las vigas sobre el cemento estas deben estar niveladas correctamente.



Los ángulos se colocan en las cuatro esquinas usando las caras inferiores de las vigas. Son de madera de 8x8cm cortadas a 45° en sus dos extremos.

## 6. Colocación de Paneles y Rigidizadores.

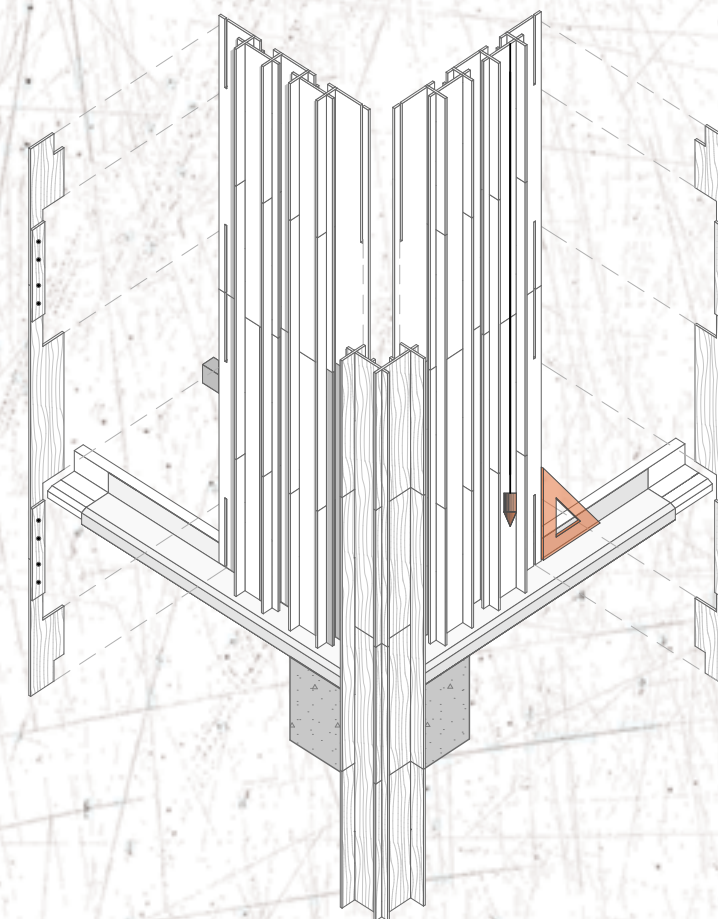
Se coloca primero los paneles esquineros de la siguiente manera:



g: Viga compuesta con perfil metálico  
h: Panel interior  
i: Rigidizador esquinero  
j: Rigidizador del panel

Se asienta dos paneles sobre las vigas, uno en cada lado formando la esquina.

El rigidizador esquinero encaja entre estos paneles; la flexibilidad de la madera permite este proceso.

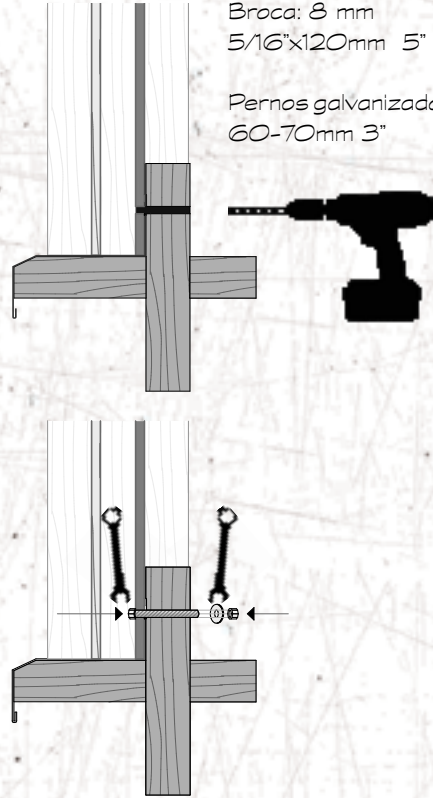
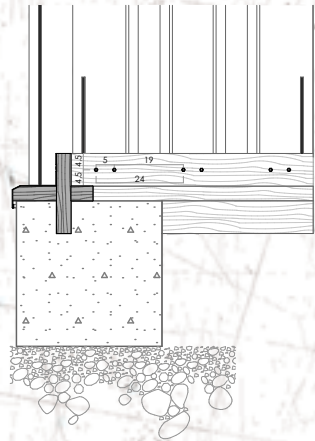


## IMPORTANTE:

Antes de realizar las perforaciones en la viga y paneles se debe comprobar que los elementos estén a plomo y escuadra.



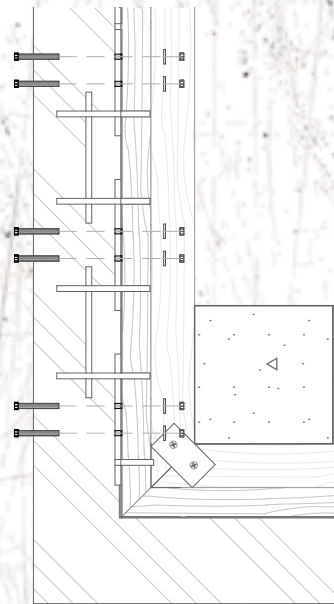
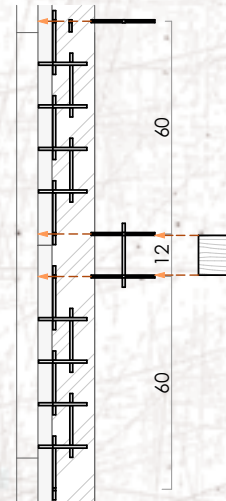
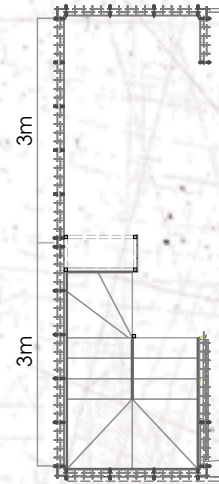




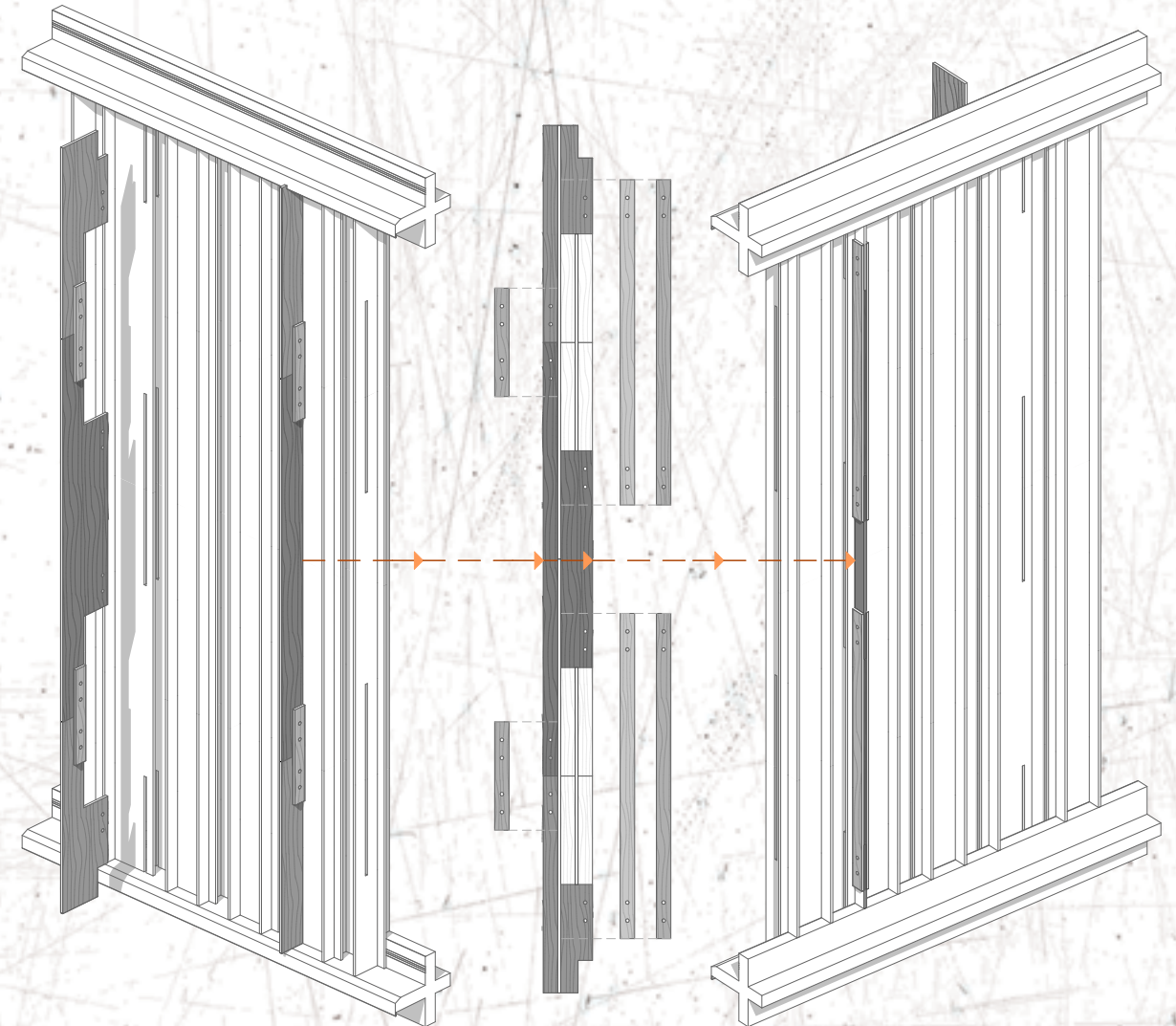
Broca: 8 mm  
5/16"x120mm 5"

Pernos galvanizados:  
60-70mm 3"

Cada 3 metros de muro  
es necesario colocar un  
rigidizador doble, para  
rigidizar esta longitud se  
puede incluir una columna.



- Realizar los agujeros para la colocación de pernos.
- Se coloca los pernos galvanizados desde el exterior de la vivienda; (colocar tuerca y doble arandela).
- Se puede colocar a la par las vigas secundarias para dar mayor estabilidad a la estructura.

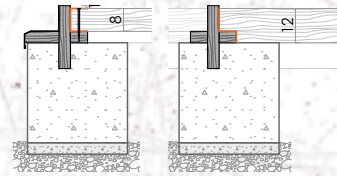




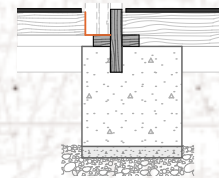
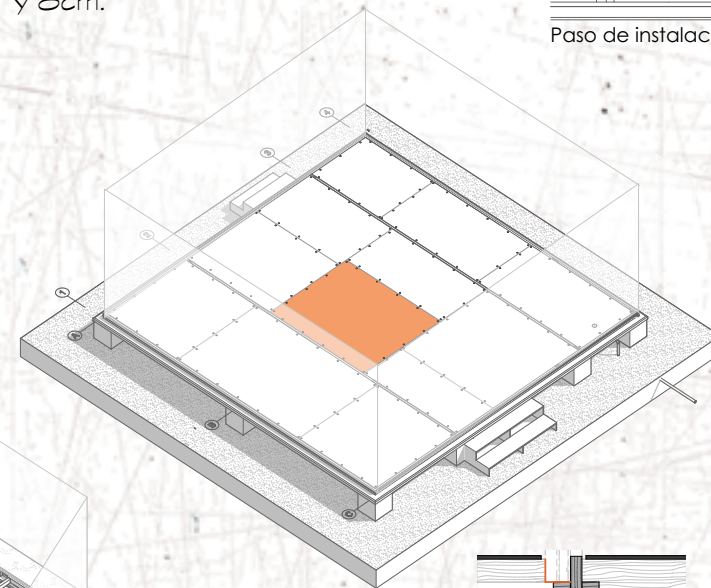
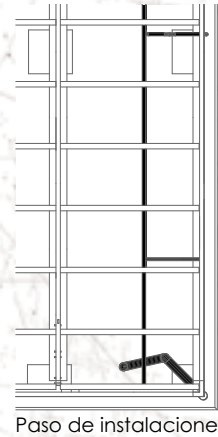
7. Colocación de vigas para piso. Se asientan en las vigas compuestas cada 40cm, se sujeta con clavos de 4,5".

8. Colocación de instalaciones eléctricas e hidrosanitarias. La tubería pasa debajo del piso sujeto a las vigas secundarias.

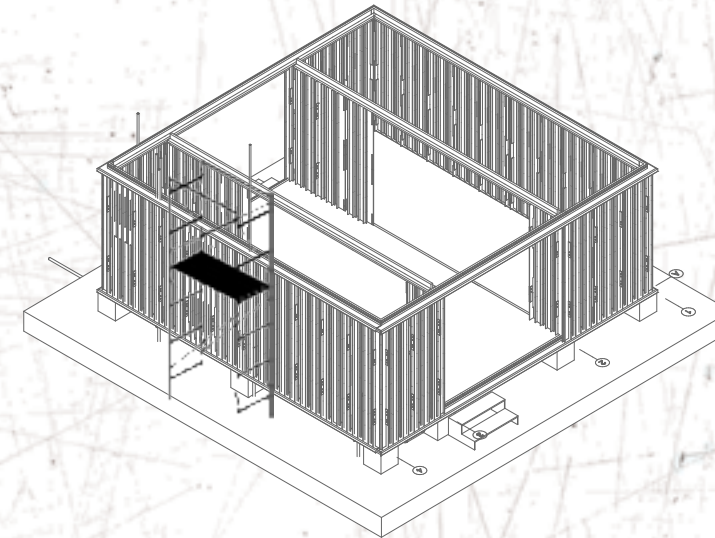
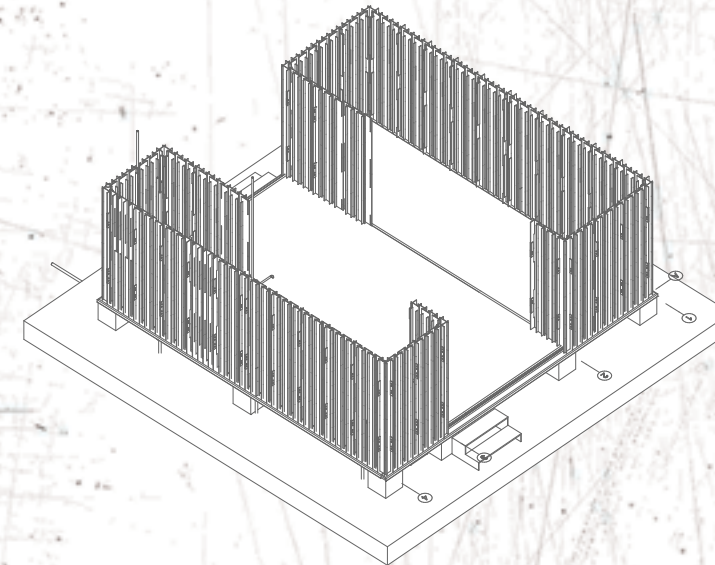
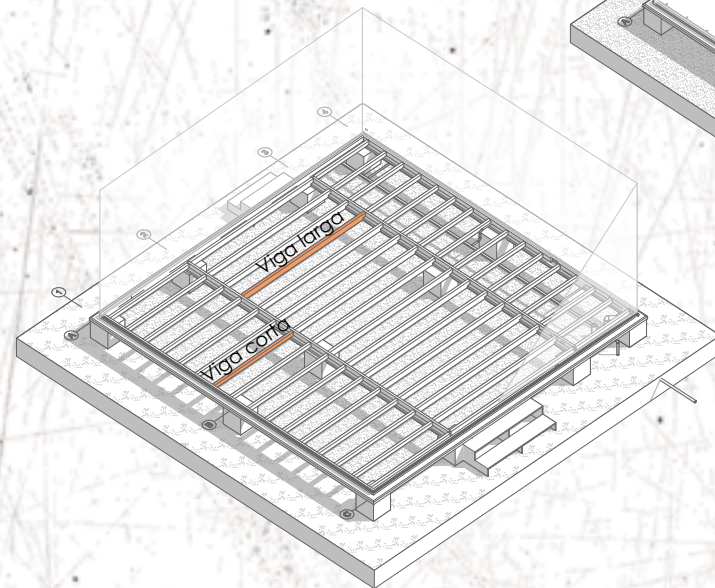
9. Colocación de piso. Sean duelas o planchas, se colocan sobre las vigas para piso. No debe sobrepasar el nivel de la viga principal para facilitar la colocación de los paneles.



Las vigas con mayor luz son de 12cm de peralte con un pequeño destaje en sus extremos. Las de menor luz tienen un peralte de 8cm y un ancho variable entre 6 y 8cm.

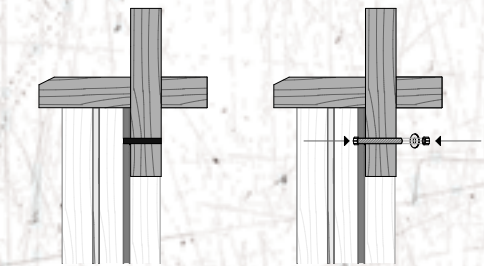


Con color naranja se indica el corte para encajar el panel. (Se deja un espacio de 1cm para la rastrera).



10. Concluido el proceso de armado de muros, pisos y estructura, se procede a levantar la segunda planta, para esto es necesario la utilización de escaleras o andamios.

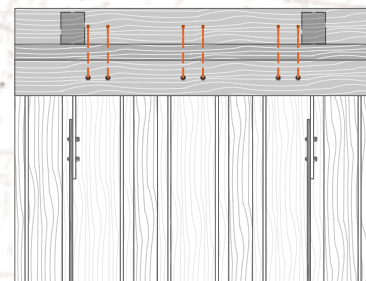
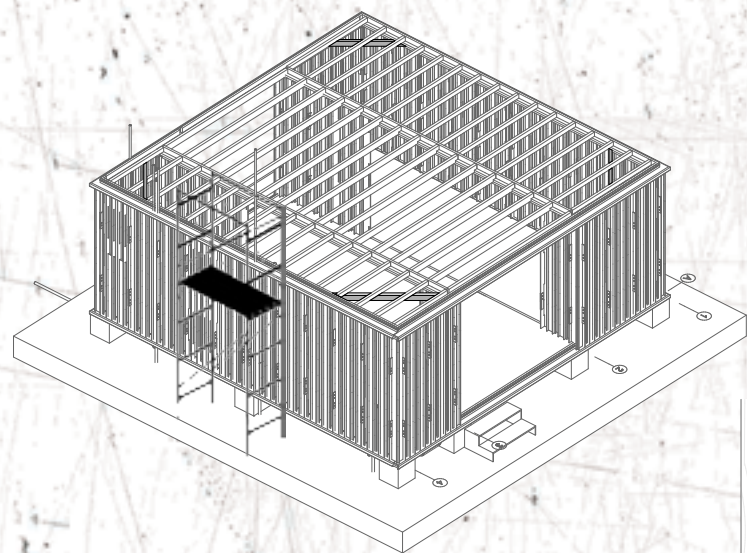
- Se colocan las vigas compuestas al igual que las de la planta baja, esta vez se asientan sobre los muros.
- Ubicadas las piezas se realizan los agujeros para unir las vigas a la parte superior de los paneles.



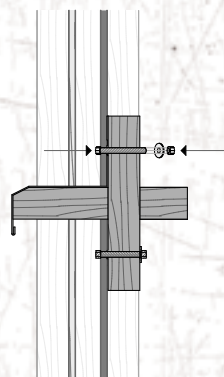
- Se realiza el mismo proceso de colocación de la perflería metálica para aguas lluvias.





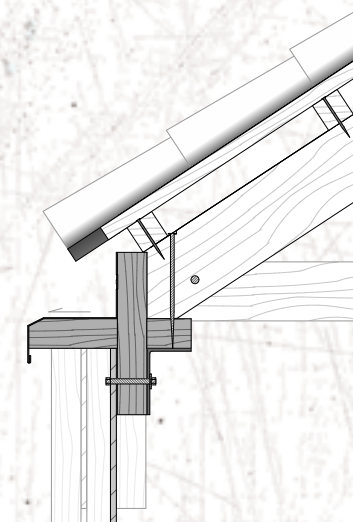
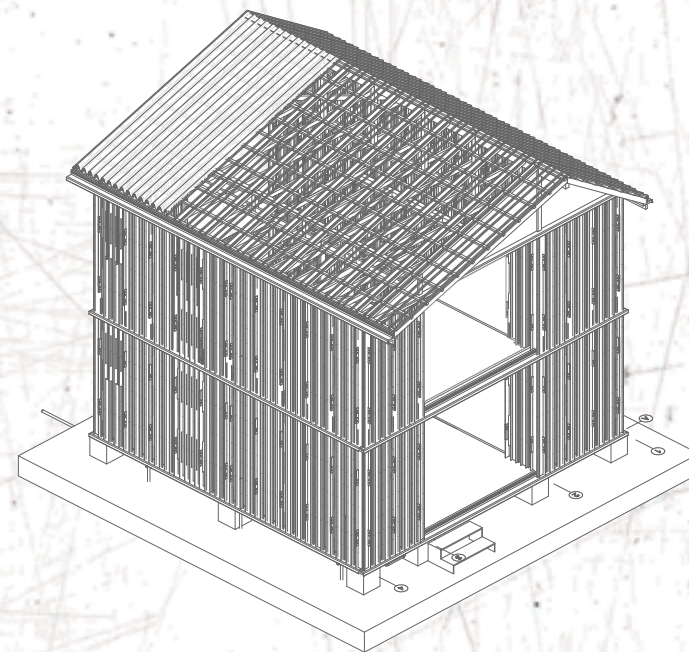
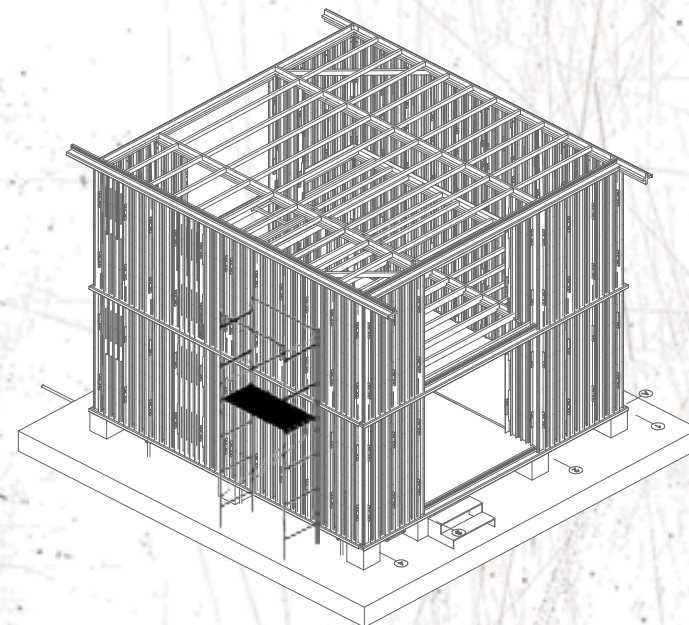
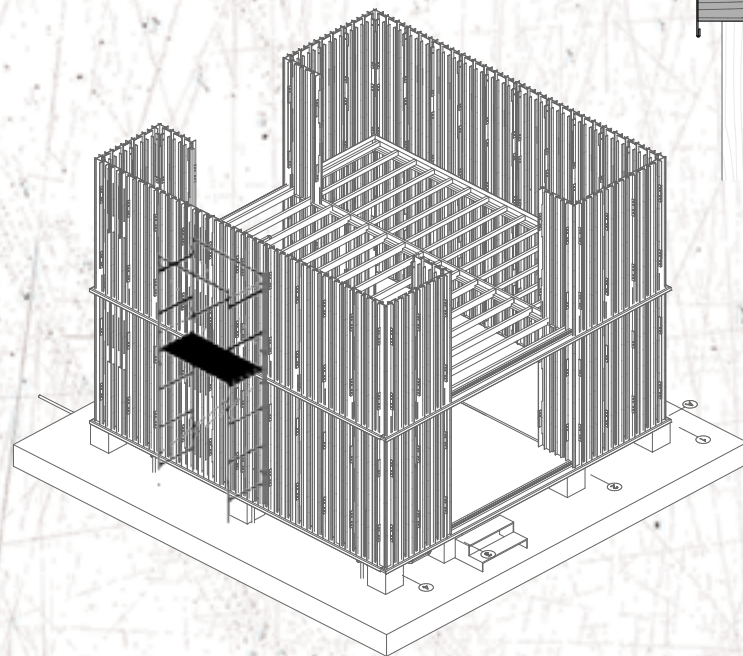


11. Se traza puntos de referencia para la colocación de pernos para paneles del segundo piso. De esta manera no interfiere con las vigas de piso.



12. Se coloca las vigas de piso y ángulos para rigidizar la estructura. En este momento, se puede ir armando la grada que tendrá su propia estructura.

13. La colocación de los paneles del segundo piso es igual a la del primero piso. Luego se colocarán las planchas de piso.

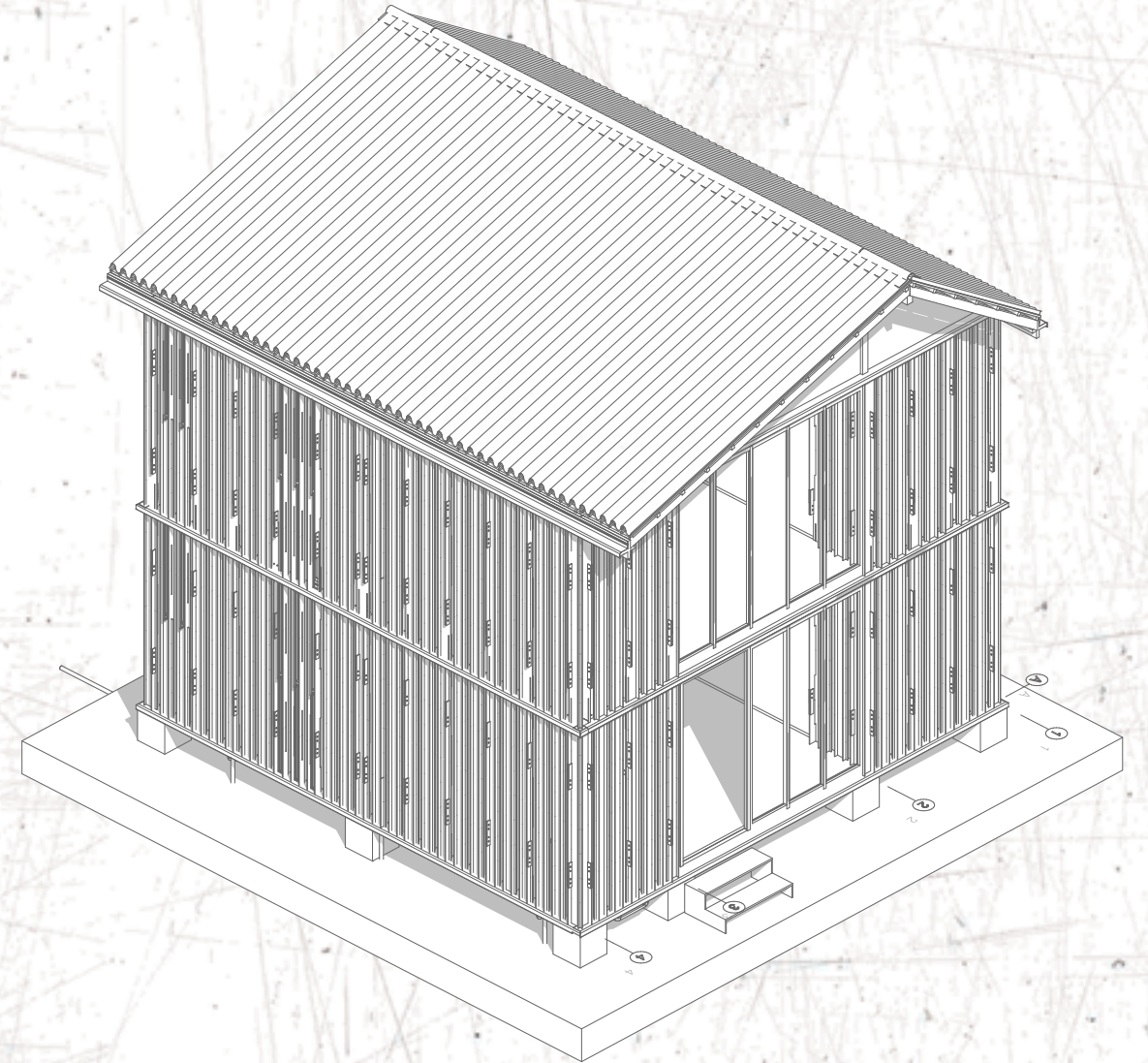


14. Se colocan las vigas compuestas que sostienen el peso de la cubierta. Se pueden extender para los aleros por lo que las vigas en ángulo de 45° ya no son necesarias.

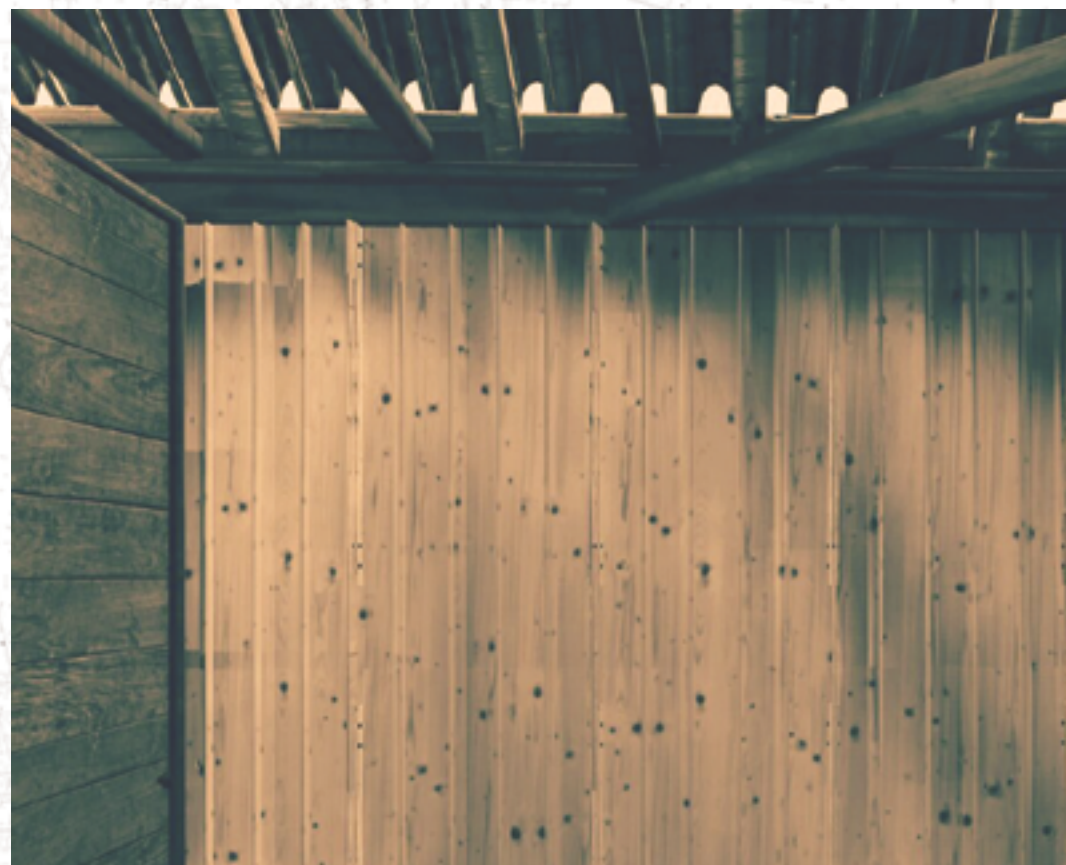
- Las vigas de amarre de la cubierta van cada 60cm.
- Los cables (estructura principal de cubierta) se clavan a las vigas compuestas.
- Sobre estas va el entirado necesario para las planchas de cubierta, las cuales deberán ir traslapadas dependiendo el material que se utilice.













## VENTAJAS

El panel estructural de madera de eucalipto presenta ventajas especiales como:

- Bajo costo en la obtención del material y la elaboración del panel
- Al ser un sistema prefabricado, tiene ventajas como precisión y la elaboración en serie, el cual disminuye costos, facilita el armado de piezas y disminuye desperdicios.
- El panel se caracteriza por fácil montaje, tanto de piezas en el armado del panel, como en el armado de la estructura de la vivienda, debido a sus dimensiones manejables.
- Los paneles se pueden desmontar y remplazar por motivos de daño de piezas.

## RECOMENDACIONES

- El almacenamiento de las piezas se debe hacer en un espacio fresco libre de humedad y calor.
- El armado de los paneles en la obra deberá ser inmediato, evitando deformaciones individuales de las piezas.
- Es necesario que en el empalme de piezas se coloque goma (cola blanca) previo a la unión.
- Para evitar el desgaste o deterioro del material por agentes externos o humedad ambiente, se recomienda colocar un sellante impermeabilizante, como sugerencia colocar resina de linaza o aceite quemado; la aplicación se debe realizar con brocha en cantidades consideradas para su absorción, este proceso se puede hacer cuando la vivienda esté totalmente acabada.





# Presupuesto

## Precio Panel

DESCRIPCIÓN	CANT.	UNI.	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
Tablas de eucalipto	4.5	Unidad	2.56	11.52
Perno inoxidable doble arandela + tuerca (Diametro 8mm, longitud 7cm)	10	Unidad	0.14	1.40
Tornillo para madera 1 pulg.	20	Unidad	0.004	0.08
Pegamento cola blanca	0.5	Lit	2.00	1.00
			TOTAL	14.00

## Precio de la vivienda

\$ 6222,16

El precio incluye estructura y cierre de paredes con la aplicación del panel estructural.





**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

-2017-







## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La especie Eucalyptus Globulus Labill es la más económica y se encuentra en la mayoría de puntos de venta de la ciudad, por lo tanto es la más apta para el desarrollo de la propuesta.
- Por medio de la investigación sobre el comportamiento de la madera se determinó que las piezas al estar en posición vertical se comportan mejor a esfuerzos de compresión, por lo que al generar un entramado entre ellas cumplen con las funciones estructurales básicas de estabilidad y de carga axial.
- El sistema estructural se ha llegado a definir efectivamente mediante el cálculo del pre-diseño del prototipo, el cual demuestra que los valores obtenidos están dentro de los rangos admisibles; el esfuerzo a compresión vertical admisible es de: 1618.33kg por panel, y el valor de la longitud efectiva es: 3.46m, optando por una longitud de 2.40m por motivo de modulación del material. El modelo a escala real de sección esquinera se realizó con el fin de comprobar la facilidad de armado y montaje; un panel con piezas y sus destajes bien efectuados se puede armar entre 12 y 15 minutos (incluyendo engomado).

También se comprobó su estabilidad estructural al subir a cinco personas (como carga muerta cada una con peso promedio de 68,18kg), por tratarse de una sección del prototipo no se pudo colocar mayor carga.

- En el proceso de elaboración de piezas en aserrío para el prototipo final, se determinó que el costo de mano de obra es mayor a lo esperado, debido al tiempo que se necesita para los cortes de precisión. El monto de mano de obra en la elaboración de estas piezas es de \$26.75 por panel y \$18.57 por m2. En cuanto al costo del material utilizado es menor que los sistemas comparados de hormigón armado con muros de bloque y pórticos de madera con tabiquería. Un panel conjuntamente con su viga de apoyo tiene un costo de \$18.22 por panel y \$12.65 el metro cuadrado, es decir, sumando el costo de material y mano de obra cada panel estructural de 60x240cm en eucalipto costaría aproximadamente \$45.
- En caso de que el usuario requiera mejorar condiciones térmicas de la vivienda, el valor agregado del aislante térmico (lana de vidrio) aumenta \$16.42 dólares al costo final del panel.

- En primera instancia se planteó la auto-construcción de las piezas, sin embargo, con los estudios realizados se consideró alternativas para disminuir el costo de mano de obra, por esta razón se propone la producción en serie de las diferentes piezas, lo que permite disminuir el costo de mano de obra, optimizando el material y garantizando su correcto dimensionamiento durante el corte, además de mejorar el tiempo de ejecución; todo esto facilitará los acoples y la calidad de acabado. Dejando el montaje de la vivienda con el sistema propuesto auto-construcción del usuario.
- Cumpliendo con el objetivo de facilitar una guía constructiva para el usuario, se ha desarrollado un manual que presenta dos procesos: el primero la construcción del panel, en donde se han dado pautas para el seccionamiento de los destajes en las piezas, su armado y recomendaciones; y el segundo el montaje de los paneles en su aplicación a una vivienda de carácter social y su presupuesto.

FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN: Análisis y cálculo estructural sismo resistente / Comprobación real de resistencia a cargas dinámicas y estáticas en laboratorio/ Posible aplicación del sistema estructural a vivienda en altura/ Diseño estructural y dimensionamiento ideal de piezas del panel estructural./ Uso de madera prefabricada o reciclada en panel estructural (comparación con madera aserrada).



## BIBLIOGRAFÍA

Andrade, H. R. (2014). Estructuras 1. Cuenca.

Astudillo, J. P, (2015). *In.Lab CUENCA*. Revista ESTOA.

ASTM International. (2000). *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber D 143-94*. United states.

Corporacion Chilena de la Madera CORMA. (03 de Junio de 2016). *Manual La construcción de Viviendas en Madera*. Obtenido de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210283.pdf>.

Culcay, M, & Maldonado, M. (2016). *Prototipo de vivienda social sostenible: Diseño de una vivienda de interés social de clima frio para la ciudad de Cuenca* (pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.

Chérrez, K, Maldonado, M & Pozo, M, (2015).Diseño de núcleo básico: con el presupuesto adquirido por el bono de la vivienda y su posterior crecimiento (pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.

De Guzmán, Alberto. "Políticas de vivienda en el Ecuador y su Evolución". Guayaquil, AUC Revista de Arquitectura: Vivienda Social y Desarrollo, 24&25 (2008): págs. 13-17 extraída: tesis La vivienda económica: aproximación desde la arquitectura.

Enríquez, D. (2014). *Reforzamiento estructural para forjados de madera en edificaciones patrimoniales y contemporaneas*. (pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.

Gorosito, R. (1996). La regulación de los asentamientos como política social y de Estado. Quito, Ecuador.

Indigente. (n.d.) (11 de 05 de 2016). *Diccionario Manual de la Lengua Española Vox*. (2007). Obtenido de: <http://es.thefreedictionary.com/indigente>

Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 2580. (2011). *Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (11 de 05 de 2016). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. Obtenido de Ecuador en cifras*: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2015/Marzo/Presentacion\\_pobreza%20y%20desigualdad%20marzo%2015.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2015/Marzo/Presentacion_pobreza%20y%20desigualdad%20marzo%2015.pdf).

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, (2010). *Resultados del censo de población y vivienda*. Ecuador.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC en Barragán, A.E. and Ochoa, P.E. (2014) *Revista semestral de la DIUC Estudio de caso: Diseño de viviendas ambientales de bajo costo*. Cuenca (Ecuador), MASKANA, 5(1).



Junta de acuerdo de Cartagena PADT-REFORT. (1982). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*.

La Hora Nacional. (20 de Enero de 2016). *INEC: tamaño promedio del hogar ecuatoriano es de 3.9 personas*. Obtenido de [http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101501635/-1/Inec%3A\\_Tama%C3%B1o\\_promedio\\_del\\_hogar\\_ecuatoriano\\_es\\_de\\_3.9\\_personas.html#.V-QZyPI96Uk](http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101501635/-1/Inec%3A_Tama%C3%B1o_promedio_del_hogar_ecuatoriano_es_de_3.9_personas.html#.V-QZyPI96Uk).

López Bátiz, O. (1994). Estructuras de concreto reforzado (I): Aspectos fundamentales sobre elementos viga y columna, comentarios sobre estructuras de cimentación. México, D.F.

Mario H. Chan Martín, O. A. (2002). LOS DEFECTOS NATURALES EN LA MADERA ASERRADA. Ingeniería Revista Académica, 29-38.

MIDUVI. (15 de Enero de 2016). "*MIDUVI 2011-2012*". Obtenido de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/RESUMEN-EDITADO-PARA-DISE%C3%91O-MIDUVI.pdf>.

Nonnast, R. (1993). *El proyectista de estructuras metálicas*. Die Technik der Kassel-Alemania: Paraninfo.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC. (2014). *Estructuras de madera NEC\_SE\_MD*.

Nuñez, L, K. (2015). *Estudio del biodeterioro en la madera Eucalyptus Globulus Lab. por metodo gravimetrico*. (pregrado). Universidad de Chile. Obtenido

Panes, M. A. (2009). Sistema constructivo de tabiques lleno en madera con rollizos horizontales elaborados industrialmente. Universidad del Bio - Bio, Concepción.

Peraza, f., Peraza, F. A., & Enrique, J. (s.f.). *Tablero de Madera de Uso Estructural*. Madrid.

Posada San Francisco. (20 de Enero de 2016). facebook. Obtenido de Posada San Francisco, Cuenca - Ecuador: <https://www.facebook.com/posadasanfranciscocuenca/?fref=ts>.

Programa Municipal de Asistencia Social y Ayuda Humanitaria "Fundación Vida" PMASH-P, F.V. (2016). *Fundación Vida y los indigentes en la ciudad de Cuenca* [Grabado por Ordoñez, G; Carpio, I]. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Rodríguez, J, Rosselló, G, Valencia, C. (1995). Madera II. [Electronic version]. Tectónica 13, p.29.

Zepeda, J. M. (3 de Marzo de 2005). Vidas a medio vivir, arrojadas a la calle. Recuperado el 12 de Septiembre de 2009, de Peródico Todo México Somos Hermanos. Consultado el 11 de Mayo de 2016, de: <http://www.anunciacion.com.mx/historial/periodico/contenido.php?ID=7>



# CRÉDITOS DE IMÁGENES

## CAPITULO I

### FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 01.** Visualización de la vivienda social en el Ecuador.

**Fotografía 02.** Proyecto de vivienda de interés social Cuenca.  
Fuente: fotografía capturada por Maria del Cisne Tello, 2017.

**Fotografía 03.** Mendigo- Catedral la inmaculada Concepción de Cuenca.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 04.** La madera como recurso económico-natural.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 05.** Fractura de la madera por esfuerzos a flexión.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 06.** Practicas de laboratorio - ensayos a flexión.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 07.** Sistemas de paneles estructurales de madera.  
Fuente: Internet: [https://classifieds.justlanded.com/el/France\\_Ile-de-France/Buy-Sell\\_Other/Maison-en-bois](https://classifieds.justlanded.com/el/France_Ile-de-France/Buy-Sell_Other/Maison-en-bois).

**Fotografía 08.** Panel madera copal 8mm.  
Fuente: Varios, 2015. *Taller de proyectos V, In\_Lab Cuenca*. Universidad de Cuenca: facultad de arquitectura.

**Fotografía 09.** Panel estructural de MDF 1mm.  
Fuente: Varios, 2015. *Taller de proyectos V, In\_Lab Cuenca*. Universidad de Cuenca: facultad de arquitectura.

**Fotografía 10.** Panel plywood 4mm.  
Fuente: Varios, 2015. *Taller de proyectos V, In\_Lab Cuenca*. Universidad de Cuenca: facultad de arquitectura.

**Fotografía 11.** Panel madera copal 10mm.  
Fuente: Varios, 2015. *Taller de proyectos V, In\_Lab Cuenca*. Universidad de Cuenca: facultad de arquitectura.

**Fotografía 12.** Montaje de sistemas de paneles estructurales.  
Fuente: Internet: [http://www.newpanel.com.ar/multimedia\\_fotografias.htm](http://www.newpanel.com.ar/multimedia_fotografias.htm)

**Fotografía 13.** Elementos prefabricados de madera.  
Fuente: Internet: <https://www.novaterrahomes.es/2015/02/casa-madera-prefabricada-ronda-arriate/>

**Fotografía 14.** Elementos prefabricados de madera.  
Fuente: Internet: <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-images-wooden-prefabricated-house-pieces-factory-individual-cuts-wood-fir-their-manufacture-image37669419>

**Fotografía 15.** Junta machihembrada simple  
Fuente: Internet: <httpwww.1001pallets.comcommon-wood-joints>

**Fotografía 16.** Junta machihembrada  
Fuente: Internet: <httpwww.oldhouseonline.comperiod-flooring-options>

**Fotografía 17.** Junta reforzada con clavijas  
Fuente: Internet: <httpwww.theenglishwoodworker.comthe-oak-artisan-gluing-up-the-top>

**Fotografía 18.** Ensamble  
Fuente: Internet: <httpsblog.udemy.comtypes-of-wood-joints>

**Fotografía 19.** Ensamble a media madera  
Fuente: Internet: [httpwww.andrewpittsfurnituremaker.comWorks\\_in\\_ProgressNew\\_PromiseAndrew\\_Pitts\\_-\\_FurnitureMaker\\_Liturgical.html](httpwww.andrewpittsfurnituremaker.comWorks_in_ProgressNew_PromiseAndrew_Pitts_-_FurnitureMaker_Liturgical.html)

**Fotografía 20.** Ensamble caja y espiga  
Fuente: Internet: <httpwww.popularmechanics.comhomeinterior-projectshow-toa19524how-to-use-the-mortise-and-tenon-joints-woodworking>

**Fotografía 21.** Empalme  
Fuente: Internet: <httpswww.pinterest.compin524810162811484735>

**Fotografía 22.** Empalme a dientes triangulares  
Fuente: Internet: <httpwww.nrcan.gc.caforestsindustryproducts-applications15837>

**Fotografía 23.** Empalme a horquilla simple  
Fuente: Internet: <httpwww.lemkayu.netlem-kayu-untuk-mebel-299.html>

### TABLAS

**Tabla 01.** Comparación de materiales de construcción.  
Fuente: Culcay, M, & Maldonado, M. (2016). *Prototipo de vivienda social sostenible: Diseño de una vivienda de interés social de clima frío para la ciudad de Cuenca* (pre-grado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.

**Tabla 02.** Cuadro comparativo de materiales de construcción en Cuenca.  
Fuente: Culcay, M, & Maldonado, M. (2016). *Prototipo de vivienda social sostenible: Diseño de una vivienda de interés social de clima frío para la ciudad de Cuenca* (pre-grado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.

**Tabla 03.** Volumen de plantaciones forestales en el Ecuador.  
Fuente: Ministerio del Ambiente. (2015). *Estadísticas Forestales 2011-2014*. Dirección Nacional Forestal, pag 13.



**Tabla 04.** Lista de maderas utilizadas en el Ecuador MAE/2011-2014.  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017. Información obtenida de: - Ministerio del Ambiente. (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales*. - Gobierno Federal. (20 de Abril de 2016). *Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México*. Obtenido de <http://www.conafort.gob.mx>.

**Tabla 05.** Deformaciones por nudos en la madera aserrada.  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017. Información obtenida de: - NTE INEN 2580. (05 de Marzo de 2016). *Sistema de clasificación y calificación de la madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2580.2011.pdf>. - Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*. Lima.

**Tabla 06.** Deformaciones por constitución anatómica en la madera aserrada.  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017. Información obtenida de: - NTE INEN 2580. (05 de Marzo de 2016). *Sistema de clasificación y calificación de la madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*. Obtenido

de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2580.2011.pdf>. - Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*. Lima.

**Tabla 07.** Deformaciones por reacción de la madera aserrada.  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017. Información obtenida de: - NTE INEN 2580. (05 de Marzo de 2016). *Sistema de clasificación y calificación de la madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2580.2011.pdf>. - Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*. Lima.

**Tabla 08.** Deformaciones por secado de la madera aserrada.  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017. Información obtenida de: - NTE INEN 2580. (05 de Marzo de 2016). *Sistema de clasificación y calificación de la madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2580.2011.pdf>. - Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*. Lima.

**Tabla 09.** Deformaciones en aserrío de la madera aserrada.  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017. Información obtenida de: - NTE INEN 2580. (05 de Marzo de 2016). *Sistema de clasificación y calificación de la madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2580.2011.pdf>. - Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*. Lima.

**Tabla 10.** Parámetros deformaciones permisibles de la madera.  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017. Información obtenida de: NTE INEN 2580. (05 de Marzo de 2016). *Sistema de clasificación y calificación de la madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*.

**Tabla 11.** Resultado de resistencias del panel estructural In-Lab/2015.  
Fuente: Varios (2015). *Taller de proyectos V, In\_Lab Cuenca*. Universidad de Cuenca: facultad de Arquitectura 2015.

**Tabla 12.** Nombre de las piezas y dimensiones más comunes utilizadas en el mercado.

**FIGURAS**

**Figura 01.** Déficit de vivienda en el Ecuador.  
Fuente: Autores, 2017.

**Figura 02.** Mapa de ubicación de las zonas de mayor presencia de indigentes y mendigos en la ciudad de Cuenca.  
Fuente: Autores, 2017.

**Figura 03.** Mapa de ubicación de viviendas informales en la ciudad de Cuenca  
Fuente: Culcay, M, & Maldonado, M. (2016). *Prototipo de vivienda social sostenible: Diseño de una vivienda de interés social de clima frío para la ciudad de Cuenca* (pre-grado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.

**Figura 04.** Uso del material en la vivienda informal en Cuenca.  
Fuente: Elaboración de gráfico, Autores 2017; información obtenida de: Culcay, M, & Maldonado, M. (2016). *Prototipo de vivienda social sostenible: Diseño de una vivienda de interés social de clima frío para la ciudad de Cuenca* (pre-grado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.



**Figura 05.** Manejo forestal en el Ecuador.  
Fuente: Elaboración gráfica, Autores, 2017.  
Información obtenida de: Ministerio del Ambiente. (2015). *Estadísticas Forestales 2011-2014*. Dirección Nacional Forestal, pag 8.

**Figura 06.** Procentaje de cumplimiento de normativa MAE/2011-2014.  
Fuente: Elaboración gráfica, Autores, 2017.  
Información obtenida de: Ministerio del Ambiente. (2015). *Estadísticas Forestales 2011-2014*. Dirección Nacional Forestal, pag 17.

**Figura 07.** Detalle constructivo sistema plataforma o sistema Americano.  
Fuente: Re-dibujo, Autores, 2017. Información obtenida de: Panes, M. A. (2009). (22 de Febrero de 2016). *Sistema constructivo de tabiques lleno en madera con rollizos horizontales elaborados industrialmente*. Universidad del Bio - Bio, Concepción. Obtenido de [https://issuu.com/panesroco/docs/seminario\\_m.\\_panes\\_roco](https://issuu.com/panesroco/docs/seminario_m._panes_roco)

**Figura 08.** Sistemas macizos: panel o placa.  
Fuente: Re-dibujo, Autores, 2017. Información obtenida de: Panes, M. A. (2009). (22 de Febrero de 2016). *Sistema constructivo de tabiques lleno en madera con rollizos horizontales elaborados industrialmente*. Universidad del Bio - Bio, Concepción. Obtenido de [https://issuu.com/panesroco/docs/seminario\\_m.\\_panes\\_roco](https://issuu.com/panesroco/docs/seminario_m._panes_roco)

**Figura 09.** Sistemas macizos: rollizos.  
Fuente: Re-dibujo, Autores, 2017. Información obtenida de: Panes, M. A. (2009). (22 de Febrero de 2016). *Sistema constructivo de tabiques lleno en madera con rollizos horizontales elaborados industrialmente*. Universidad del Bio - Bio, Concepción. Obtenido de [https://issuu.com/panesroco/docs/seminario\\_m.\\_panes\\_roco](https://issuu.com/panesroco/docs/seminario_m._panes_roco)

**Figura 10.** Sistemas macizos: bloques huecos.  
Fuente: Re-dibujo, Autores, 2017. Información obtenida de: Panes, M. A. (2009). (22 de Febrero de 2016). *Sistema constructivo de tabiques lleno en madera con rollizos horizontales elaborados industrialmente*. Universidad del Bio - Bio, Concepción. Obtenido de [https://issuu.com/panesroco/docs/seminario\\_m.\\_panes\\_roco](https://issuu.com/panesroco/docs/seminario_m._panes_roco)

**Figura 11.** Sistemas macizos: Contrachapados de tablas horizontales.  
Fuente: Re-dibujo, Autores, 2017. Información obtenida de: Panes, M. A. (2009). (22 de Febrero de 2016). *Sistema constructivo de tabiques lleno en madera con rollizos horizontales elaborados industrialmente*. Universidad del Bio - Bio, Concepción. Obtenido de [https://issuu.com/panesroco/docs/seminario\\_m.\\_panes\\_roco](https://issuu.com/panesroco/docs/seminario_m._panes_roco)

**Figura 12.** Sistemas macizos: Tablas.  
Fuente: Re-dibujo, Autores, 2017. Información obtenida de: Panes, M. A. (2009). (22 de Febrero de 2016). *Sistema constructivo de tabiques lleno en madera con rollizos horizontales elaborados industrialmente*. Universidad del Bio - Bio, Concepción. Obtenido de [https://issuu.com/panesroco/docs/seminario\\_m.\\_panes\\_roco](https://issuu.com/panesroco/docs/seminario_m._panes_roco)

**Figura 13.** Sistema Timber Frame  
Fuente: re-dibujo: Autores,2017.  
Obtenido de: <http://www.fao.org/docrep/c3848s/c3848s05.htm>

**Figura 14.** Elevación y perspectiva del sistema plataforma.  
Fuente: Re-dibujo: Autores, 2017.  
Obtenida de: Internet: [http://3.bp.blogspot.com/-sKxExT\\_KA\\_s/TuPbbFrgwWI/AAAAAAAAACpM/uwYmjloyihQ/s1600/10.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-sKxExT_KA_s/TuPbbFrgwWI/AAAAAAAAACpM/uwYmjloyihQ/s1600/10.jpg)

**Figura 15.** Elevación y perspectiva del sistema americano.  
Fuente: Re-dibujo: Autores, 2017.  
Obtenida de: Internet: <http://es.slideshare.net/franciscodelaisla/sistemas-constructivos-en-madera-5276478>

**Figura 16.** Ventajas de un sistema prefabricado  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 17.** Coordinación modular de la madera/ Módulo base. Fuente: re-dibujo: Autores, 2017. Obtenido de: Internet

**Figura 18.** Patrón de corte de la madera aserrada.  
Fuente: Re-dibujo: Autores, 2017.

**Figura 19.** Escuadrón de madera aserrada.  
Fuente: Autores, 2017

## CAPITULO II

### FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 24.** Ensayos de humedad.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 25.** Ensayos a flexión estática.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 26.** Ensayos a compresion.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 27.** Ensayos a cizallamiento.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 28.** Especie de eucalipto.  
Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 29.** Maqueta de la propuesta de diseño 01. Fuente: Autores, 2017.



**Fotografía 30.** Ensayo de resistencia a compresión a escala 1:10  
Fuente: Autores, 2017

**Fotografía 31.** Prototipo final del panel estructural - escala real  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 32.** Canteado y cepillado de la madera  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 33.** Dimensionamiento de piezas  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 34.** Cortado de piezas  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 35.** Destaje de piezas  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 36.** Obtención de piezas tipo 1  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 37.** Obtención de piezas tipo 2  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 38.** Colocación de piezas iniciales  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 39.** Colocación de piezas longitudinales (inferiores). Fuente: Autores,2017

**Fotografía 40.** Colocación de piezas transversales (inferiores). Fuente: Autores,2017

**Fotografía 41.** Colocación de piezas longitudinales (superiores). Fuente: Autores,2017

**Fotografía 42.** Secuencia de piezas longitudinales (superiores). Fuente: Autores,2017

**Fotografía 43.** Panel estructural-prototipo final.  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 44.** Perforación de huecos para pernos de anclaje. Fuente: Autores,2017

**Fotografía 45.** Armado de viga.  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 46.** Perforación de panel y viga.  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 47.** Anclaje del panel a la viga mediante pernos. Fuente: Autores,2017

**Fotografía 48.** Unión de paneles esquineros.  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 49.** Solución de unión de panel en esquina. Fuente: Autores,2017

**Fotografía 50.** Colocación de la viga superior.  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 51.** Unión de esquina.  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 52.** Sección constructiva a escala real.  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 53.** Colocación de pernos internos  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 54.** Colocación de pernos externos  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 55.**  
Fuente: Autores,2017

**Fotografía 56.** Estructura de hormigón/ cierre de bloques.  
Fuente: Internet: <http://ecuatorianoenvivo.com/mitad-de-la-poblacion-de-familias-cuencanas-no-cuenta-con-casa-propia/>

**Fotografía 57.** Estructura de madera/cierre de tablas.

**Fotografía 58.** Sistema de panel estructural y de cierre. Fuente: Autores, 2017

**Fotografía 59.** Aplicación de carga al panel escala real. Fuente: Autores, 2017

**Fotografía 60.** Resistencia de carga vertical aplicada al panel escala real. Fuente: Autores, 2017

**Fotografía 61.** Cerramiento de eucalipto de vivienda de Deleg. Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 62.** Sistema de cierre de vivienda en Deleg. Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 63.** Vivienda en Deleg- Cañar. Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 64.** Cerramiento con madera de eucalipto pintado. Fuente: Autores, 2017.

**Fotografía 65.** Aceite quemado de auto. Fuente: <http://www.todoautos.com.pe/portal/auto/mecanica/6033-aceite-olor-quemado>.

**Fotografía 66.** Aplicación de aceite quemado en la madera. Fuente: <http://www.hogarmania.com/bricolaje/taller/tecnicas/201304/leccion-tratar-madera-19615.html>.

**TABLAS**

**Tabla 13.** Muestreo aplicado en los ensayos mecánicos.  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017.  
Información obtenida de: Norma ASTM Standard, D 143-94 Standard Test Methods for small clear specimens of Timber.



**Tabla 14.**  
Fuente: Elaboración de la tabla: Autores, 2017.  
Información obtenida de: Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. Lima.

**Tabla 15.**  
Fuente: Autores, 2017.

**Tabla 16.** Propiedades físicas y químicas de la madera de eucalipto  
Fuente: Internet: Ecuador Forestal. (22 de Julio de 2013). Obtenido de <http://ecuadorforestal.org/download/contenido/eucalipto/.pdf>

**Tabla 17.** Presupuesto de estructuras y cierre de vivienda social / sistema constructivo hormigón y bloque. Fuente: Autores, 2017.

**Tabla 18.** Presupuesto de estructuras y cierre de vivienda social / sistema constructivo paneles divisorios. Fuente: Autores, 2017.

**Tabla 19.** Presupuesto de estructuras y cierre de vivienda social / sistema paneles estructurales Fuente: Autores, 2017.

**Tabla 20.** Clasificación de tipo de columna según el PADT-REFORT/JUNAC. Fuente: Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. Lima.

**Tabla 20.** Clasificación de tipo de columna según el PADT-REFORT/JUNAC. Fuente: Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. Lima.

**Tabla 21.** Valores de Ck según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Fuente: Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. Lima.

**Tabla 22.** Valores de esfuerzos admisibles kg/cm2. Fuente: Junta del Acuerdo de Cartagena PADT - REFORT. (1984). Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. Lima.

**Tabla 23.**  
Fuente: Autores, 2017.

**Tabla 24.**  
Fuente: Autores, 2017.

**Tabla 25.** Cargas aplicadas al panel estructural Fuente: Autores, 2017.

**FIGURAS**

**Figura 20.** Relación de abastecimiento y economía de la madera en Cuenca. Fuente: Autores,2017

**Figura 21.** Mapa de ubicación depósitos de madera en Cuenca, 2016  
Fuente: Autores,2017

**Figura 22.** Aplicación y deformación de elementos sometidos a fuerzas de flexión.  
Fuente: Autores,2017

**Figura 23.** Aplicación y deformación de elementos sometidos a fuerzas a compresión perpendicular. Fuente: Autores,2017

**Figura 24.** Aplicación y deformación de elementos sometidos a fuerzas a compresión paralela a las fibras.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 25.** Aplicación y deformación de elementos sometidos a fuerzas a cizallamiento Fuente: Autores, 2017

**Figura 26.** Validación de datos de madera seleccionada. Fuente: Autores, 2017

**Figura 27.** Pilares fundamentales para el diseño arquitectónico. Fuente: Autores, 2017

**Figura 28.** Clasificación de uniones. Fuente: Autores, 2017

**Figura 29.** Bocetos de experimentación para la concepción del prototipo  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 30.** Proceso de armado de la propuesta inicial. Fuente: Autores, 2017

**Figura 31.** Comportamiento estructural propuesta 01. Fuente: Autores, 2017

**Figura 32.** Proceso de diseño de la viga de anclaje al panel. Fuente: Autores, 2017

**Figura 33.** Soluciones de anclaje. Fuente: Autores, 2017

**Figura 34.** Proceso de obtención del panel. Fuente: Autores, 2017

**Figura 35.** Diseño de propuesta 02. Fuente: Autores, 2017

**Figura 36.** Detalle de unión panel-viga. Fuente: Autores, 2017

**Figura 37.** Proceso de armado de la viga. Fuente: Autores, 2017

**Figura 38.** Alternativas de unión panel-cimiento. Fuente: Autores, 2017

**Figura 39.** Propuesta de diseño 01 ( conjunto de piezas y vista en planta del panel). Fuente: Autores, 201

**Figura 40.** Propuesta de diseño 01. Elevación y proceso de armado. Fuente: Autores, 2017



**Figura 41.** Sistema de anclaje.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 42.** Puntos conflictivos de unión.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 43.** Propuesta de diseño 02 (conjunto de piezas y vista en planta del panel).  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 44.** Propuesta de diseño 02 Elevación y proceso de armado.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 45.** Propuesta de unión viga-panel.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 46.** Propuesta de unión viga-panel.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 47.** Propuesta de unión viga de piso-cimiento. Fuente: Autores, 2017

**Figura 48.** Posición de elementos estructurales.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 49.** Propuesta de diseño 03 (conjunto de piezas y vista en planta del panel).  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 50.** Propuesta de diseño 03. Elevación y proceso de armado.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 51.** Diseño de viga H, propuesta 01.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 52.** Diseño de viga en cruz, propuesta 02.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 53.** Diseño de viga en cruz desplazada, propuesta 03. Fuente: Autores, 2017

**Figura 54.** Panel estructural prototipo final (elementos, elevación y planta).  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 55.** Proceso de armado del panel.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 56. Planta baja.** Prototipo de vivienda social  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 57. Planta alta.** Prototipo de vivienda social  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 58. Planta cubiertas.** Prototipo de vivienda social. Fuente: Autores, 2017

**Figura 59. Elevación frontal.** Prototipo de vivienda social. Fuente: Autores, 2017

**Figura 60. Elevación lateral derecha.** Prototipo de vivienda social. Fuente: Autores, 2017

**Figura 61. Elevación posterior.** Prototipo de vivienda social. Fuente: Autores, 2017

**Figura 62. Elevación lateral izquierda.** Prototipo de vivienda social. Fuente: Autores, 2017

**Figura 63. Sección A-A.** Prototipo de vivienda social. Fuente: Autores, 2017

**Figura 64. Sección B-B.** Prototipo de vivienda social. Fuente: Autores, 2017

**Figura 65.** Módulo base del panel. Fuente: Autores, 2017

**Figura 66.** Modulación planta baja. Módulo base aplicada al prototipo de vivienda. Fuente: Autores, 2017

**Figura 67.** Modulación Elevación frontal. Módulo base aplicada al prototipo de vivienda. Fuente: Autores, 2017

**Figura 68. Modulación elevación frontal.** Módulo base aplicado al prototipo de vivienda. Fuente: Autores, 2017

**Figura 69. Prototipo.** Volumen del prototipo final de la vivienda social. Fuente: Autores, 2017

**Figura 70.** Planta de referencia de detalles constructivos. Fuente: Autores, 2017

**Figura 71.** Elevación del panel.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 72.** Axonometría.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 73.** Armado de elementos rigidizadores  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 74.** Colocación del rigidizador entre paneles. Fuente: Autores, 2017

**Figura 75.** Vista lateral del panel.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 76.** Rigidizador armado  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 77.** Disposición de paneles interno y externo  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 78.** Detalles constructivos de encuentros con. Cimiento, entre piso y cubierta.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 79.** Detalle constructivos: instalaciones sanitarias, eléctricas y agua potable.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 80.** Detalle constructivos de encuentros: Panel - panel y panel - carpintería.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 81.** Tipo de empotramiento del panel.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 82.** Eje X-X y Y-Y área de sección del panel.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 83.** Área colaborante sobre panel desfavorable. Fuente: Autores, 2017

**Figura 84.** Distribución de áreas colaborantes.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 85.** Cálculo estático de tramo 1 de cubierta.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 86.** Cálculo estático de tramo 2 de cubierta.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 87.** Distribución de cargas sobre la viga.  
Fuente: Autores, 2017

**Figura 88.** Panel sin aislamiento. Fuente: Autores, 2017

**Figura 89.** Panel con aislante térmico (poliestireno y lana de vidrio). Fuente: Autores, 2017

**Figura 90.** Estructura del panel con aislante térmico. Fuente: Autores, 2017

CAPITULO III

Manual de construcción  
Fuente: Autores, 2016.



**ANEXOS**





ANEXO 01. Listado de puntos de acopio y comercialización de madera

Nro.	NOMBRE COMERCIAL	SECTOR	TIPO DE MADERA(%)
1	sin nombre	Balsay	100% plantaciones
2	Dep. Maderas Cristhoper	El Cruce	10% bosque nativo y 90% plantaciones
3	Deposito de Maderas El Gato	Cristo Salvador	sin dato
4	Depósito de Maderas EL Cisne	Monay	eucalipto y encofrado
5	Depósito de Maderas El Gato	Del Gran Aki	20% bosque nativo y 80% plantaciones
6	sin nombre	Santa Teresita de Monay	100% Bosque nativo
7	sin nombre	Del mercado 27 de febrero	100% plantaciones
8	sin dato	Gapal	sin dato
9	Maderas Santa Ana	Gapal	sin dato
10	Maderas Asunción	San Isidro	100% madera natural
11	Aserrio El Chiflon	Junto a la lavadora de ve- hículos tres puentes	Plantaciones 100%
12	Dep. Maderas El Bosque	El Sisne	sin dato
13	sin nombre	Feria Libre Miraflores	sin dato
14	Maderas Puerto Morona	Templete	100% bosque nativo
15	sin nombre	Barrial Blanco	80% bosque nativo y 20% plantaciones
16	sin dato	Parque Miraflores	bosque nativo 90% y 10% plantaciones
17	sin nombre	El Vecino	sin dato
18	Maderas del Austro	Miraflores	sin dato
19	Deposito San Jacinto	Miraflores	sin dato
20	Maderas Milchichig	Miraflores	sin dato
21	Maderas del Austro	Miraflores	100% plantaciones







22	M & M Vásquez	Domingo Savio	100% bosque nativo
23	El Torno	Universidad Politecnica Salesiana	100% bosque nativo
24	Sin Nombre	Del PAI	100% bosque nativo
25	sin nombre	De la plazoleta Rotary	60% bosque nativo y 40% plantaciones
26	sin nombre	Fátima	100% bosque nativo
27	Ecuamaderas	Super stok	bosque nativo 100%
	FrankFerreteria	De la Escuela Aurelio Ochoa	100% plantaciones
29	sin nombre	Colegio Agronómico hoy Técnico Saleasiano	5% bosque nativo y 95% plantaciones
30	Maderas El Cisne	Colegio Agronómico hoy Técnico Saleasiano	100% plantaciones
31	Vitanza	Cruz Verde	50% plantaciones y 50% bosque nativo
32	El Roble	Yanuncay	70% bosque nativo y 30% plantaciones
33	Depósito Los Sauces	Yanuncay	100% plantaciones
34	Depósito San José	Yanuncay	20% bosque nativo y 80% plantaciones
35	Depósito Señor del Cautivo	Yanuncay	sin dato
36	Depósito Santa María	Yanuncay	sin dato
37	sin nombre	Misicata	100% plantaciones
38	Depósito El Rocío	Colegio Agronómico hoy Técnico Saleasiano	sin dato
39	Maderas El Bosque	Técnico Salesiano	sin dato
40	Carrocerias y Maderas Barros	Tecnico Salesiano	100% plantaciones



41	Maderas su Economia	Sin dato	Sin dato
42	Maderas Los puentes	Tres puentes	50% plantacion y 50% bosque nativo
43	Depósito Jaimito	Yanuncay	sin dato
44	ECUAMADERAS	Yanuncay	60% nativo y 40% plantaciones
45	sin nombre	Yanuncay	Bosq. Nativo 100%
46	sin nombre	sin nombre	100% bosque nativo
47	sin nombre	Indurama	sin dato
48	Habitarq	Parque Iberia	50% bosque nativo y 50% plantaciones
49	sin nombre	El Pedregal	bosque nativo 100%
50	MADEARTES IVAN	Cruce de Sinincay	100% bosque nativo
51	Tapimueble	Maria Auxiliadora	100% bosque nativo
52	sin nombre	Mayancela	sin dato
53	sin nombre	Sigcho	sin dato
54	sin nombre	San Vicente	100% bosque nativo
55	Centro Comercial El Cruce	Cruce del Carmen	100% bosque nativo
56	sin nombre	Pampa de Rosas	100% plantaciones
57	sin nombre	Pampa de Rosas	100% plantaciones
58	Maderas Vásquez	a cincuenta metros del PAI	sin dato
59	sin nombre	El Cruce	100% bosque mativo
60	Cruce del Bosque	Cruce del Cármén	sin dato
61	Sin Nombre	Escuela Carlos Roberto Vin-timilla	sin dato
62	sin nombre	Mayancela	80% bosque nativo y 20% plantaciones





63	sin nombre	San Vicente de Mayancela	100% bosque nativo
64	Sin nombre	María Auxiliadora	10% bosque nativo y 90% plantaciones
65	sin nombre	Pampa de Rosas	100% plantaciones
66	sin nombre	Pampa de Rosas	sin dato
67	Dep. Maderas Laurita	Totoracocha	100% bosque nativo
68	Maderas Santa Ana	Totoracocha	sin dato
69	Maderas Valdéz	Totoracocha	sin dato
70	Maderas Jorval	Totoracocha	sin dato
71	sin nombre	Totoracocha	70% plantaciones y 30% bosque nativo
72	sin nombre	Totoracocha	100% bosque nativo
73	El Olivo Maderem	Totoracocha	sin dato
74	Comercial Zarate Baculima Cia. Ltda	Totoracocha	50% bosque nativo y 50% plantaciones
75	sin nombre	Juan Pablo Segundo	no
76	Depósito Maderas San José	sin dato	sin dato
77	Deposito Jonatan	Sayausi	100% plantaciones
78	Aserrio Garcia	Sayausi	100% plantaciones
79	El Bodegon	Iglesia Corazón de Jesús	5% bosque nativo y 95% plantaciones
80	Maderas Valdéz	Huagibamba	sin dato
81	sin dato	Del Parque Industrial	sin dato
82	sin nombre	Molinopamba	20% bosque nativo y 80% plantaciones
83	San Luis	Ricaurte	sin dato



84	Depósito maderas valdez	Ricaurte	20% bosque nativo y 80% plantaciones
85	Reina del Cisne	Ricaurte	10% bosque nativo y 90% plantaciones
86	Sin nombre	Corazon de Jesus	sin dato
87	Maderas Jorval	Molinopamba	70% bosque mativo y 30% plantaciones
88	Sin dato	Corazon de Jesus	100% plantación
89	Maderas Su Economia	Ciudadela Los Eucalipto	sin dato
90	sin nombre	Quinta Chica	sin dato
91	sin dato	Cuartel General Davalos	100% plantaciones
92	sin nombre	Buena Esperanza	5% bosque mativo y 95% plantaciones
93	Deposito Fernando	Lourdes de Llacao	sin dato
94	Taller Hurtado e Hijos	Carapungo	20% bosque nativo y 80% plantaciones
95	Ecomadera	Barrio Chilcapamba	20% bosque nativo y 80% plantaciones
96	sin dato	De la Escuela Tomás Rendón	80% bosque nativo y 20% plantaciones
97	Dep. Matute	San Juan Loma	100% plantaciones
98	Dep. Camilito	La Pradera	sin dato
99	Dep. Señor de los Milagros	sin dato	sin dato
100	Dep.Madreras Lagunas del sol	Entrada al Cementerio de el Valle	20% bosque nativo y 80% plantaciones
101	Zilvino	Retamaloma	70% bosque mativo y 30% plantaciones



102	sin dato	sin dato	sin dato
103	sin nombre	sin nombre	sin dato
104	Depósito de Maderas Zumbita	Paccha	eucalipto 95% y 5%encofrado
105	sin dato	Valle	100% plantaciones
106	Deposito Señor de Andacocha	Monay	90% plantaciones y 10% bosque nativo
107	sin nombre	Mercado 12 de Abril	sin dato
108	Talle Nicol	Playitas	100% madera natural
109	Madecoms	Chicopatamarca	sin dato
110	Depósito San Pedro	Uncovía	sin dato
111	sin nombre	Uncovía	sin dato
112	Deposito El Progreso	San Vicente	100% bosque nativo
113	Duelas Tarugos	Parque Industrial	95% plantaciones y 5% otros sistemas
114	Madesur	Circunvalación	sin dato
115	Ecuamaderas	San Marcos	100% bosque nativo
116	sin nombre	de la Iglesia Turi	100% bosque nativo
117	sin dato	La Union	100% madera natural
118	Depósito San Agustin	Yanuncay	sin dato
119	Depósito de Madera El Cisne	El Verde	100% plantaciones
120	Depósito Maderas Mogrovejo	Zhucay	sin dato
121	Dep. Reina delCisne	Zhucay	sin dato
122	La Voluntad de Dios	junto a la Ferreteria Cons- truofertas	100% plantaciones

123	sin nombre	Tarqui	sin dato
124	Sin Nombre	San Andrés	sin dato
125	sin nombre	San Jose de Chiquintad	100% plantaciones
126	Maderas Vidal	via a chiquintad	plantaciones 90% y bosque nativo 10%
127	sin nombre	Hacienda Gonsález	100% plantaciones
128	sin nombre	sin dato	sin dato
129	Sin Nombre	Tablon de Nulti	sin dato
130	Sin Nombre	San Juan Pamba	100% bosque nativo
131	Maderpallet S.A. Matriz	sin nombre	95% bosque nativo y 5% plantaciones
132	Depósito 27 de Febrero	Mercado 27 de Febrero	sin dato
133	Talleres y M	El Estadio	sin dato
134	sin nombre	sin nombre	100% bosque nativo
135	sin nombre	San Joaquin	sin dato
136	Sin nombre	San Joaquin	90% bosque nativo y 10% plantaciones
137	Dep.Maderas Israel	El Laurel	90% plantaciones y 10% bosque nativo
138	sin nombre	Puca Cruz junto escueal San Vicente	sin dato
139	sin nombre	Pichacay	100% bosque nativo
140	La Y del Cebollar	Cebollar	90% plantaciones y 10% bosque nativo
141	sin nombre	Miraflores	5% bosque nativo y 90% plataciones y 5% otros
142	sin nombre	Zhucay	100% bosque nativo
143	sin nombre	Baños	15% bosque nativo y 85% plantaciones





ANEXO 02. Maderas ofertadas en el mercado de la ciudad de Cuenca (Nombre comercial de las especies)

Nro.	NOMBRE DEL COMERCIO	EUCALIPTO	PINO	MADERA ENCOFRADO	COPAL	SEIQUE	CIPRÉS	CEDRO	LAUREL	LAUREL DE LA COSTA	CANELO	ROMERILLO	FERNÁN SANCHEZ	MASCAREY	TECA	CHANUL	YUMBINGUE	GUAYACAN BLANCO
1	DEPÓSITO DE MADERA SU ECONOMÍA	X		X														
2	MADERAS DEL AUSTRO	X		X														
3	DEPÓSITO SEÑOR DEL CAUTIVO	X	X	X			X											
4	DEPÓSITO EL ROCÍO	X		X														
5	MADERAS JAIMITO	X		X	X	X												
6	DEPÓSITO 27 DE FEBRERO	X	X	X														
7	DEPÓSITO DE MADERA SAN JOSÉ	X		X	X	X												
8	DEPÓSITO DE MADERA SAN AGUSTÍN	X	X	X														
9	DEPÓSITO DE MADERAS SANTA MARÍA	X		X														
10	MADERAS SANDRITA	X		X														
11	MADERAS Y CARROCE- RÍAS BARROS	X		X														
12	DEPÓSITO SAN LUIS	X		X														
13	DEPÓSITO MATUTE	X		X	X				X		X							
14	DEPÓSITO DE MADERAS "EL GATO"	X		X														
15	DEPÓSITO DE MADERAS EL CISNE	X	X	X														
16	DEPÓSITO REINA DEL CIS- NE	X		X														
17	DEPÓSITO DE MADERA CAMILITO	X																
18	DEPÓSITO "LAGUNAS DEL SOL"	X		X														
19	DEPÓSITO DE MADERAS ZUMBITA	X		X														
20	DEPÓSITO "SEÑOR DE LOS MILAGROS"	X																
21	DEPÓSITO "EL OLIVO MADEREM"				X	X		X	X		X		X					
22	DEPÓSITO "EL SEÑOR DE ANDACOA"	X		X														

Nro.	NOMBRE DEL COMERCIO	EUCALIPTO	PINO	MADERA ENCOFRADO	COPAL	SEIQUE	CIPRÉS	CEDRO	LAUREL	LAUREL DE LA COSTA	CANELO	ROMERILLO	FERNÁN SANCHEZ	MASCAREY	TECA	CHANUL	YUMBINGUE	GUAYACAN BLANCO
23	MADERAS SANTA ANA	X		X	X				X									
24	DEPOSITO QUIZHPE	X		X	X	X			X									X
25	DEPOSITO EL GATO	X	X	X	X	X					X							
26	SIN NOMBRE	X				X					X							
27	DEPOSITO DE MADERA SANTA MARÍA	X		X														
28	DEPOSITO DE MADERA SAN AGUSTÍN	X	X				X		X									
29	VITANZA		X		X	X						X						
30	MADERAS SANTA ANA		X		X	X			X	X	X	X	X	X		X	X	
31	DEPOSITO DE MADERAS EL BOSQUE	X	X	X	X	X			X		X							
32	DEPOSITO DE MADERA LOS PUENTES	X	X		X				X						X		X	
33	MADERAS ASUNCIÓN								X									
34	MADECOR	X	X	X														
35	ECUAMADERAS		X		X	X		X	X	X	X	X					X	
36	MADERAS EL BOSQUE	X		X		X			X		X							
37	TRES ESTRELLAS	X	X		X	X							X			X	X	X
38	MADERAS BACULIMA	X	X															
39	FERRETERÍA ROSITA	X	X															
40	MADERAS JORVAL	X		X	X				X	X	X		X					
41	MADERAS SANTA ANA	X	X	X	X				X	X	X		X			X		
42	MADERAS VALDEZ	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
43	MADERAS SANTA ANA (Sucursal)	X	X		X	X		X	X	X	X	X		X			X	
44	MADERA MODERNA			X	X	X			X	X	X							
45	COMERCIAL SOLANO			X														
TOTAL		38	18	31	18	15	2	3	16	7	13	5	6	3	2	4	6	2

ANEXO 03. Precios de maderas ofertadas en el mercado de Cuenca formato tabla y tablón

NOMBRE DEL COMERCIO		EUCALIPTO		PINO		MADERA ENCOFRADO		DE COPAL		SEIQUE		CIPRÉS		CEDRO		LAUREL		LAUREL DE LA COSTA		CANELO		ROMERILLO		FERNAN SANCHEZ		MASCAREY		TECA		CHANUL		YUMBINGUE		G U A Y A C A N BLANCO		
		TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	TABLA	TABLÓN	
1	DEPÓSITO DE MADERA SU ECONOMÍA	\$ 2.70	\$ 6.50			\$ 3.00																														
2	MADERAS DEL AUSTRO	\$ 2.30	\$ 5.00			\$ 2.70																														
3	DEPÓSITO SEÑOR DEL CAUTIVO	\$ 2.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 10.00	\$ 2.85						\$ 6.00	\$ 12.00																							
4	DEPÓSITO EL ROCÍO	\$ 2.10	\$ 4.50			\$ 2.80																														
5	MADERAS JAIMITO	\$ 2.65	\$ 6.85			\$ 3.30		\$ 6.86		\$ 13.93																										
6	DEPÓSITO 27 DE FEBRERO	\$ 2.30	\$ 5.00	\$ 6.00	\$ 9.00	\$ 3.00																														
7	DEPÓSITO DE MADERA SAN JOSÉ	\$ 2.25	\$ 5.04			\$ 2.75			\$ 11.20		\$ 14.56																									
8	DEPÓSITO DE MADERA SAN AGUSTÍN	\$ 3.00	\$ 6.00	\$ 5.00	\$ 12.00	\$ 2.30																														
9	DEPÓSITO DE MADERAS SANTA MARÍA	\$ 2.10	\$ 3.00			\$ 2.60																														
10	MADERAS SANDRITA	\$ 2.25	\$ 4.70			\$ 2.75																														
11	MADERAS Y CARROCERÍAS BARROS	\$ 2.00	\$ 4.00			\$ 2.00																														
12	DEPÓSITO SAN LUIS	\$ 2.10	\$ 4.00			\$ 2.80																														
13	DEPÓSITO MATUTE	\$ 2.30	\$ 4.00			\$ 3.00									\$ 5.50	\$ 10.50																				
14	DEPÓSITO DE MADERAS "EL GATO"	\$ 2.10	\$ 6.00			\$ 2.70																														
15	DEPÓSITO DE MADERAS EL CISNE	\$ 2.30	\$ 4.00		\$ 10.00	\$ 3.00																														
16	DEPÓSITO REINA DEL CISNE	\$ 2.10	\$ 4.50			\$ 2.80																														
17	DEPÓSITO DE MADERA CAMILITO	\$ 2.20	\$ 3.50																																	
18	DEPÓSITO "LAGUNAS DEL SOL"	\$ 2.20	\$ 4.00			\$ 2.70																														
19	DEPÓSITO DE MADERAS ZUMBITA	\$ 2.25	\$ 4.50			\$ 3.00																														
20	DEPÓSITO "SEÑOR DE LOS MILAGROS"	\$ 2.20	\$ 4.00																																	
21	DEPÓSITO "EL OLIVO MADEREM"									\$ 15.00				\$ 23.00		\$ 10.00				\$ 17.00			\$ 11.00		\$ 11.00											
22	DEPÓSITO "EL SEÑOR DE ANDACOCOA"	\$ 2.20	\$ 4.50			\$ 2.80																														
23	MADERAS SANTA ANA		\$ 4.00			\$ 3.00		\$ 11.00						\$ 10.30																						
24	DEPOSITO QUIZHPE	\$ 5.50				\$ 6.00		\$ 23.00		\$ 24.00				\$ 20.00																					\$ 16.00	
25	DEPOSITO DE MADERA EL GATO		\$ 7.00		\$ 12.00	\$ 3.00		\$ 10.00		\$ 15.00										\$ 15.00																
26	SIN NOMBRE-Av. 27 de febrero cerca de la escuela de bomberos	\$ 3.00								\$ 15.00										\$ 15.00																
27	DEPOSITO DE MADERA SANTA MARIA	\$ 2.00				\$ 2.60																														
28	DEPOSITO DE MADERA SAN AGUSTIN		\$ 5.00		\$ 10.00								\$ 20.00			\$ 12.00																				
29	VITANZA				\$ 11.00				\$ 13.00		\$ 15.00											\$ 25.00														
30	MADERAS SANTA ANA			\$ 6.00	\$ 11.00			\$ 6.50	\$ 10.50	\$ 8.80	\$ 16.00				\$ 6.00	\$ 10.30	\$ 7.40	\$ 13.50	\$ 8.20	\$ 14.50	\$ 13.00	\$ 24.50	\$ 6.00	\$ 10.50	\$ 10.30	\$ 18.50			\$ 9.80	\$ 19.00	\$ 9.80	\$ 16.50				
31	DEPOSITO DE MADERAS EL BOSQUE	\$ 2.20		\$ 11.00		\$ 2.80		\$ 11.00		\$ 15.00					\$ 11.00					\$ 18.00																
32	DEPOSITO DE MADERA LOS PUENTES		\$ 14.00		\$ 12.00				\$ 12.00						\$ 12.00												\$ 28.00					\$ 19.00				
33	MADERA ASUNCION														\$ 12.00																					
34	MADECOR																																			
35	ECUAMADERAS			\$ 5.00				\$ 8.00		\$ 9.00		\$ 5.00		\$ 12.00		\$ 6.00			\$ 9.00		\$ 12.00									\$ 10.00						
36	MADERAS EL BOSQUE	\$ 2.00	\$ 3.60			\$ 2.80				\$ 19.00					\$ 13.00				\$ 18.00																	
37	TRES ESTRELLAS	\$ 4.00	\$ 6.00	\$ 6.00																															\$ 20.00	
39	MADERAS BACULIMA		\$ 5.50		\$ 10.00																															
40	FERRETERÍA ROSITA	\$ 2.00		\$ 3.50																																
41	MADERAS JORVAL		\$ 3.00			\$ 3.20		\$ 10.00							\$ 9.00				\$ 13.00			\$ 10.00														
42	MADERAS SANTA ANA	\$ 4.00			\$ 11.00	\$ 3.00		\$ 11.00		\$ 16.00				\$ 24.50		\$ 10.30			\$ 15.50		\$ 24.50			\$ 19.00								\$ 16.50				
43	MADERAS VALDEZ		\$ 7.00		\$ 10.50	\$ 3.00		\$ 12.00		\$ 17.00					\$ 10.50				\$ 15.00		\$ 23.00		\$ 11.00		\$ 17.00		\$ 23.00		\$ 21.00		\$ 17.00					
44	MADERAS SANTA ANA (Sucursal)	\$ 4.00			\$ 11.00																															
45	MADERA MODERNA							\$ 11.50		\$ 16.00					\$ 11.00				\$ 16.00																	
COSTO MINIMO		\$ 2.00	\$ 3.00	\$ 3.50	\$ 9.00	\$ 2.00	\$ 0.00	\$ 6.50	\$ 10.00	\$ 8.80	\$ 14.56	\$ 5.00	\$ 12.00	\$ 12.00	\$ 23.00	\$ 5.50	\$ 9.00	\$ 7.40	\$ 13.50	\$ 8.20	\$ 13.00	\$ 12.00	\$ 23.00	\$ 6.00	\$ 10.00	\$ 10.30	\$ 11.00	\$ 0.00	\$ 23.00	\$ 9.80	\$ 19.00	\$ 9.80	\$ 16.50	\$ 20.00	\$ 16.00	
COSTO PROMEDIO		\$ 2.54	\$ 5.12	\$ 5.94	\$ 10.73	\$ 2.94	\$ 0.00	\$ 8.09	\$ 12.29	\$ 10.58	\$ 16.46	\$ 5.50	\$ 16.00	\$ 12.00	\$ 23.75	\$ 7.76	\$ 11.72	\$ 7.40	\$ 13.50	\$ 8.60	\$ 15.70	\$ 12.50	\$ 24.25	\$ 6.00	\$ 10.63	\$ 10.30	\$ 16.38	\$ 0.00	\$ 25.50	\$ 9.80	\$ 20.00	\$ 9.90	\$ 17.25	\$ 20.00	\$ 16.00	





## ANEXO 04. NORMA ASTM D 143 – 94

*Métodos estandarizados para el muestreo de pequeños especímenes de madera*

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija D 143 ; el número inmediatamente después de la designación indica el año de adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última aprobación. Un épsilon superíndice (e) indica un cambio editorial desde la última revisión o re-aprobación.

### INTRODUCCIÓN:

La necesidad de clasificar las especies de madera mediante la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del muestreo de pequeños especímenes de madera libre de defectos siempre ha existido. Debido a la gran variedad de especies, y la variabilidad del material, que cambian continuamente las condiciones de suministro, son factores que afectan a los resultados de las pruebas, y la facilidad de comparación de variables, es por ello que la necesidad de clasificación, sin duda, seguirá existiendo.

En la preparación de estos métodos para probar pequeñas muestras libres de defectos, se tuvo en cuenta la conveniencia de la adopción de métodos para producir resultados comparables a los ya disponibles, y a la posibilidad de incorporar mejoras, tales que se ha mostrado deseable. En vista de los muchos miles de pruebas realizadas en un único plan integral del Servicio Forestal de los EE.UU, el ex Laboratorio de Productos Forestales de Canadá (ahora Corporación Forintek Canada), y otras organizaciones similares, los métodos se ajustan naturalmente a los métodos utilizados por estas instituciones. Estos métodos son el resultado de un estudio de la experiencia y metodología de América y Europa. La adopción general de estos métodos tenderá hacia una unificación mundial de resultados, lo que permite un intercambio y correlación de datos, estableciendo las bases de un cuerpo acumulativo fundamental de información sobre las especies de madera en el mundo.

Descripciones de algunos de los ensayos de resistencia se refieren a métodos primarios y métodos secundarios. Los primarios proporcionan métodos para especímenes de 2x2 pulgadas (50x50 mm) de sección transversal.

Este tamaño de la muestra es ampliamente utilizado para la evaluación de diversas propiedades físicas y mecánicas de diferentes especies de madera, y una gran cantidad de datos basados en este método primario se ha obtenido y publicado.

El tamaño de 2x2 pulgadas (50x 50mm) tiene la ventaja de que abarca un número de anillos de crecimiento, está menos influenciado por la madera temprana y madera tardía a diferencia de las muestras de menor tamaño, es suficientemente grande para representar una parte considerable del material de la muestra. Es aconsejable el uso del método primario siempre que sea posible. Sin embargo hay circunstancias en las que es difícil o imposible obtener muestras libres de defectos de 2x2pulg de sección transversal, que tengan las 30 pulg de longitud requeridas para ensayos de flexión estática. Con la creciente incidencia de los árboles más pequeños de segundo crecimiento, y el deseo en ciertas situaciones para evaluar un material que es demasiado pequeño para proporcionar un 2x2pulg de sección transversal, el método secundario ha sido incluido y es utilizado con una sección transversal de 1x1pulg (25x25mm). Esta sección transversal se establece para la compresión paralela a la fibra y las pruebas de flexión estática, mientras que la sección transversal de 2x2pulg retiene el impacto flexión, compresión perpendicular a la fibra, dureza, cizallamiento paralelo a la fibra, la escisión, y la tensión perpendicular al grano. La dureza y la tensión paralela a la fibra son pruebas especiales que utilizan muestras de sección transversal más pequeña. Se advierte al usuario que los resultados de las pruebas entre dos tamaños diferentes de muestras no son necesariamente directamente comparables.



La dirección sobre el efecto del tamaño de la muestra en una propiedad que está siendo evaluada está más allá el alcance de estos métodos, y se debe buscar o evaluar desde otro punto de vista.

Cuando la solicitud, la medición, o la grabación de la carga y la deflexión se puede lograr usando equipos electrónicos y aparatos computarizados, sugiere el uso de este tipo de dispositivos, tomando en cuenta que no se baje el nivel de exactitud y fiabilidad disponible con equipo mecánico básico.

ALCANCE

1.1 Estos métodos abarcan la determinación de diversas resistencias y propiedades relacionadas de la madera por medio de pruebas a pequeños especímenes de madera libre de defectos.

1.1.1 Estos métodos representan los procedimientos para evaluar las diferentes propiedades físicas y mecánicas, controlando factores tales como el tamaño de la muestra, el contenido de humedad, la temperatura, y el régimen de carga.

1.1.2 La toma de muestras y recolección de material se discute en Práctica D 5536. Los datos de muestra, hojas de cálculo, y las tarjetas que se han incorporado, serán de asistencia para el investigador en la sistematización de los registros.

1.1.3 Los valores indicados en unidades pulgada - libra deben ser considerado como el estándar. Los valores del SI se dan entre paréntesis y proporcionan solamente información. Cuando un peso es prescrito, la unidad básica de peso pulgada - libra (lbf) y la unidad básica SI de la masa (Kg) se citan.

1.2 Los procedimientos de las distintas pruebas aparecen en el siguiente orden:

1. Las fotografías de las muestras	5
2. El control del contenido de humedad y temperatura	6
3. Registro de albura y duramen	7
4. Flexión Estática	8
5. Paralelo a la compresión del grano	9
6. Impacto de doblez	10
7. Dureza	11
8. Compresión perpendicular al grano	12
9. dureza	13
10. Paralelo a la cizalladura del grano	14
11. La escisión	15
12. La tensión paralela a la fibra	16
13. La tensión perpendicular al grano	17
14. La retirada del clavo	18
15. La gravedad específica y la contracción en el volumen	19
16. La contracción radial y tangencial	20
17. Determinación de humedad	21
18. Las variaciones permisibles	22
19. Calibración	23

1.3 Esta norma no pretende considerar todos de la problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es el usuario el responsable de establecer apropiadamente las prácticas de seguridad y salud de esta norma y determinar la aplicación de limitaciones reglamentarias antes de su uso.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1 ASTM Standards:  
D 198 Methods for Static Tests of Timbers in Structural Sizes  
D 2395 Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials  
D 3043 Methods of Testing Structural Panels in Flexure  
D 3500 Test Method for Structural Panels in Tension  
D 4442 Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials  
D 4761 Test Method for Mechanical Properties of Lumber and Wood-Base Structural Material  
D 5536 Practice for Sampling the Forest Trees for Determination of Clear Wood Properties  
E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines

3. RESUMEN DE MÉTODOS

3.1 Los ensayos mecánicos son la flexión estática, compresión paralela a la fibra , dureza impacto flexión, compresión perpendicular al grano, dureza, paralelo al grano de cizalla (Nota 1), la escisión, la tensión paralela a la fibra, la tensión – perpendicular - grano, y la prueba de retiradas de clavos. Estas pruebas se pueden realizar en materiales tanto verde como secados al aire como se especifica en estos métodos. Además, se presentan los métodos para la evaluación de las propiedades físicas tales como gravedad específica, la contracción en el volumen, la contracción radial, y contracción tangencial.

NOTA 1 - La prueba de resistencia al esfuerzo cortante perpendicular a la fibra (A veces denominado "cizalladura vertical") no está incluido como uno de los principales ensayos mecánicos ya que en esta la prueba de resistencia está limitada por la resistencia esquila en paralelo a la fibra.

4. IMPORTANCIA Y USO

4.1 Estos métodos cubren las pruebas sobre los pequeños especímenes de madera libre de defectos que se hacen para proporcionar lo siguiente:

4.1.1 Los datos para la comparación de las propiedades mecánicas de varias especies.

4.1.2 Los datos para el establecimiento de las funciones correctas de fuerza, que junto con los resultados de las pruebas de las maderas en tamaños estructurales (ver Métodos D 198 y ASTM D 4761), constituyen una base para el establecimiento de tensiones admisibles.

4.1.3 Los datos para determinar la influencia en las propiedades mecánicas de factores tales como la densidad, localidad de crecimiento, posición en la sección transversal, la altura de la madera en el árbol, el cambio de propiedades con el condimento o el tratamiento con productos químicos, y cambiar de albura a duramen.

5. FOTOGRAFÍAS DE MUESTRAS

5.1 Cuatro de las muestras a la flexión estática de cada especie deben ser seleccionadas para ser fotografiadas, de la siguiente manera: dos a crecimiento medio, uno de crecimiento rápido, y uno de crecimiento lento. Estas muestras se fotografían en sección transversal y en la dirección radial y las superficies tangenciales. Fig. 1 es una fotografía típica de una sección de 2x2pulg (50x50mm) de especímenes de pruebas de ensayo, y la fig. 2 es la superficie tangencial de dichos especímenes.



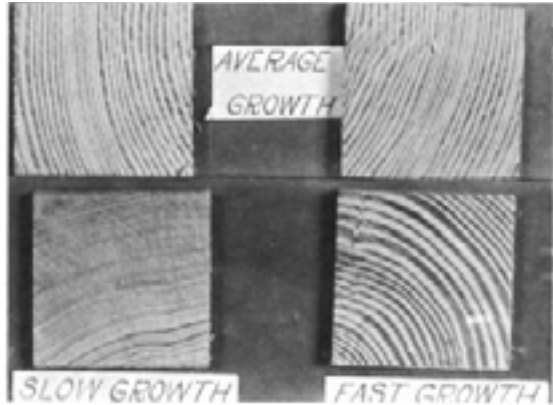


Fig. 1 Las secciones transversales de doblado Los especímenes que muestran diferentes tasas de crecimiento del pino de Longleaf (2x2in(50x50mm) especímenes)

### 6. CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

6.1 Para reconocer la influencia significativa de la temperatura y el contenido de humedad en la resistencia de la madera, es muy importante, ya que estos factores se controlen para asegurar resultados comparables.

6.2 El control de humedad de las muestras para la prueba en condición de aire seco, deben ser secados aproximadamente al peso constante antes de la prueba. En caso de cualquier cambio en el contenido de humedad ocurrido durante la preparación final de las muestras, las muestras deberán ser reacondicionados hasta peso constante antes de la prueba. Las pruebas se llevarán a cabo de tal manera que los grandes cambios no se produzcan en el contenido de humedad.



Fig.2 Las superficies tangenciales de Doblado Las muestras de las diferentes tasas de crecimiento de los pinos Jeffrey de especímenes de 2x2pulg. (50x50x760mm)

Para prevenir estos cambios, es deseable que la sala de pruebas y salas para los especímenes tengan algún medio de control de la humedad.

6.3 Control de la Temperatura: La temperatura y la humedad relativa juntos afectan la fijación de la resistencia de la madera mediante el equilibrio del contenido de humedad. Las propiedades mecánicas de la madera son también afectadas solo por la temperatura.

Cuando se prueban, los especímenes deberán estar deberán estar a una temperatura de 68 + 6 ° F (20 + 3 ° C). La temperatura en el momento de la prueba deberá registrarse en toda circunstancia.

### 7. REGISTRO DE ALBURA Y DURAMEN

7.1 Proporción de albura: La proporción estimada de albura presente debe ser registrada para cada muestra.

### 8. FLEXIÓN ESTÁTICA

8.1 Tamaño de especímenes: Los ensayos de flexión estática podrá presentar la medida del método primario de 2x2x30pulg (50x50x760mm). Del método secundario 1x1x16pulg (25x25x410mm). La altura real y anchura en el centro y la longitud se medirán (ver 22.2).

8.2 Distancia de carga y soporte: Usar el centro de carga y un centro de longitud de tramo de 28pulg (710mm) para el método primario y 14pulg (360mm) para el método secundario. Estas distancias fueron establecidas con el fin de mantener una relación mínima de envergadura a profundidad de 14. Ambos filos de las cuchillas de apoyo deberán estar provistos de placas de apoyo y rodillos de una densidad tal que la distancia desde el punto de apoyo al plano central no sea mayor que la profundidad de la muestra (Fig. 3). Los bordes de las cuchillas serán ajustable lateralmente para permitir el ajuste de torsión leve en el espécimen (Nota 2).

NOTA 2: Detalles de soportes ajustables lateralmente se puede encontrar en la Fig.1 Métodos de 3043d.

8.3 Bloque de apoyo: Un bloque de apoyo de la forma y el tamaño que se muestra en la Fig.4

se utilizarán para la aplicación de la carga de cruceta de 0,10pulg (2,5mm)/min (véase 22.3), para el método primario, y a una velocidad de 0,05pulg (1.3mm)/min para el método secundario.

8.6 Curvas de carga-deflexión:

8.6.1 Curvas de carga-deflexión se registrarán hasta o más allá de la carga máxima para todas las pruebas de flexión estáticas. Las curvas deberán continuar a 6pulg (150mm) de desviación, o hasta que el espécimen falle por soportar una carga de 200 lbf (890 N) para especímenes de método primario, y a 3pulg (76 mm) de desviación o hasta que el espécimen falle por soportar una carga de 50lbf (220 N) para especímenes de método secundario.

8.6.2 Las deflexiones del plano neutral en el centro de la longitud deberá ser tomada con respecto a los puntos en el plano neutro por encima de los soportes. Alternativamente, la desviación puede ser tomada respecto a la superficie de tensión en el tramo medio. Sin embargo, tenga cuidado de asegurarse que los desplazamientos verticales que puedan ocurrir en las reacciones sean considerados o tomados en cuenta..

8.6.3 Dentro del límite de proporcional, las lecturas de deformación será llevados a 0,001pulg (0,02mm). Después de que el límite proporcional es alcanzado, menos refinamiento es necesario en la observación de desviaciones, pero es conveniente que se lean por medio de la galga de cuadrante (Fig. 3) hasta que alcance el límite de su capacidad aproximadamente 1pulg (25mm). En caso de desviaciones más allá de 1pulg, se pueden medir por medio de la escala montando en el cabezal de carga (Fig. 3) y se monta un alambre en el eje neutro de la muestra del lado opuesto al yugo. Las deflexiones se leen en la aproximación desde 0,01pulg (0,2 mm) a 0,10pulg (2,5 mm) y también después de intervalos de cambios abruptos en carga.

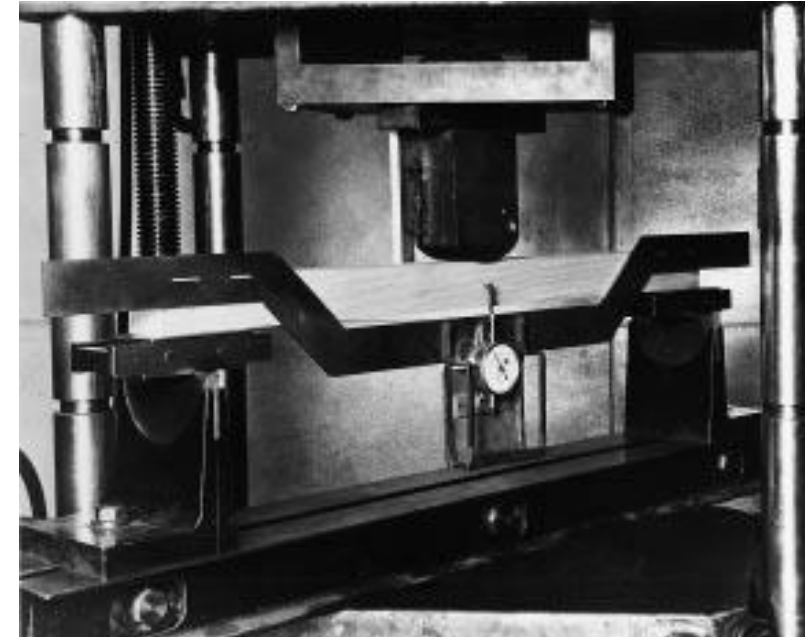
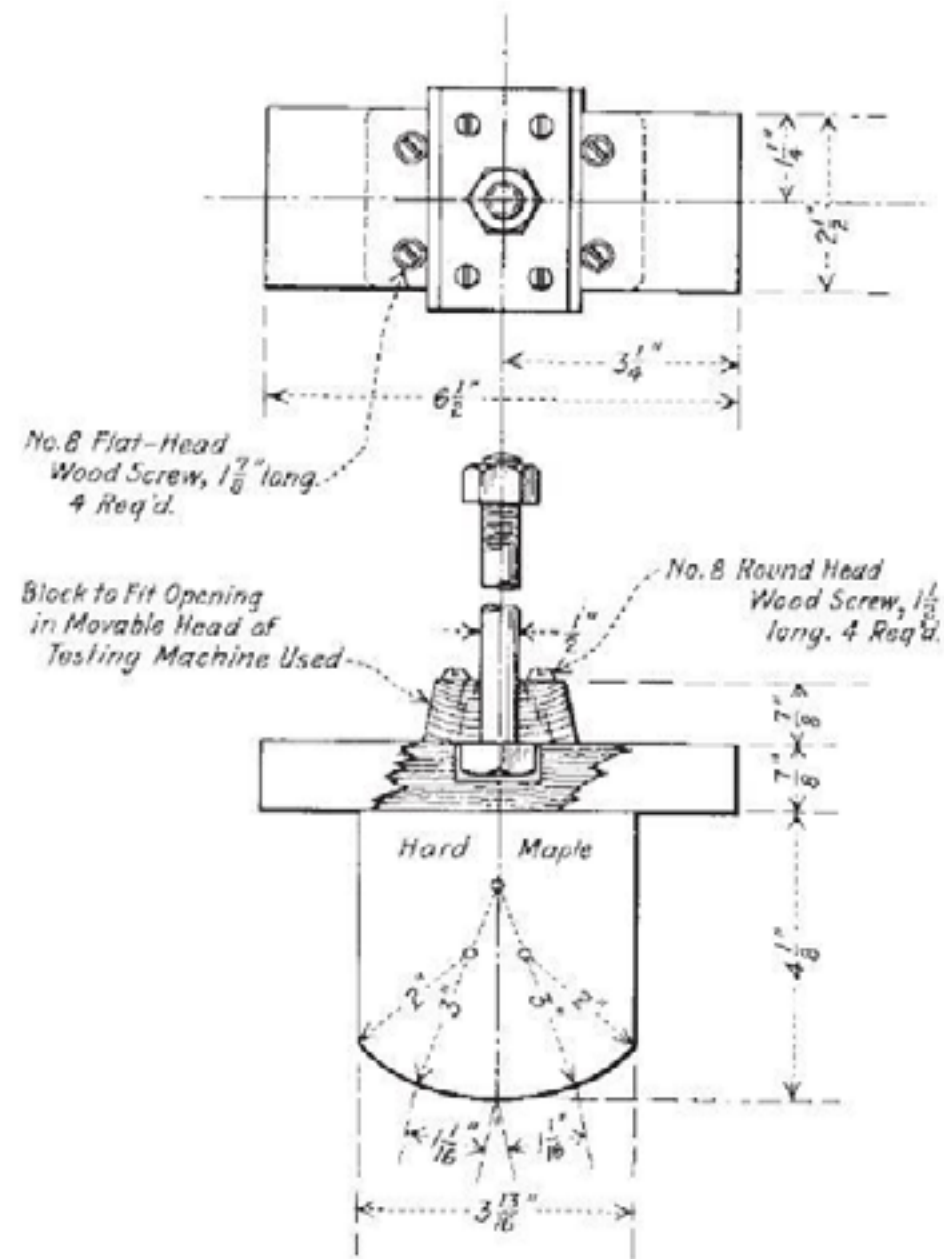


Fig. 4 Los detalles del bloque de apoyo de doblado de pruebas estáticas.

Fig. 3 Montaje del ensayo estático de flexión mostrando método de aplicación de la carga, muestras soportadas sobre rodillos y lateralmente ajustable. Los bordes de cuchillo, y el método de medición de las deformaciones en el eje neutro por medio de la horquilla y Dial Adjunto (Escala de ajuste montado en cabezal de carga se utiliza para medir incrementos de deformación más allá de la capacidad de línea.)

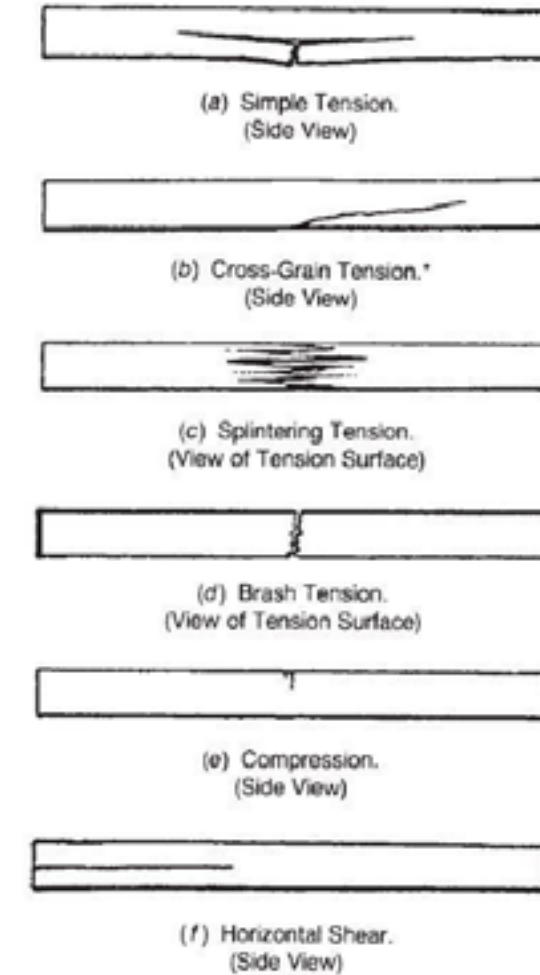


8.6.4 La carga y la deflexión del primer fallo, la carga máxima y los puntos de cambio repentino deberán ser leídos y mostrados en la hoja de curva (Nota 3) a pesar de que no tengan lugar en una de los incrementos regulares de carga o de desviación.

NOTA 3 - Ver Fig. 5 para un ejemplo de datos sobre la muestra de flexión estática.

8.7 Descripción de la falla de flexión estática: la flexión estática fracasada deberá ser clasificada de acuerdo con el aspecto de la superficie fracturada y la manera en que el fracaso desarrolla (Fig. 6). Las superficies pueden ser fracturadas más o menos dividido en "impetuoso" y "fibroso", el término "impetuoso" que indica un fallo brusco y "fibroso" que indica una fractura mostrando astillas.

8.8 Peso y contenido de humedad: el espécimen deberá ser pesado inmediatamente antes de la prueba, y después de la prueba de humedad de sección aproximada de 1 pulg (25mm) la longitud de la muestra será cortada cerca del punto de fallo. (Véase 21.1 y 22.1).

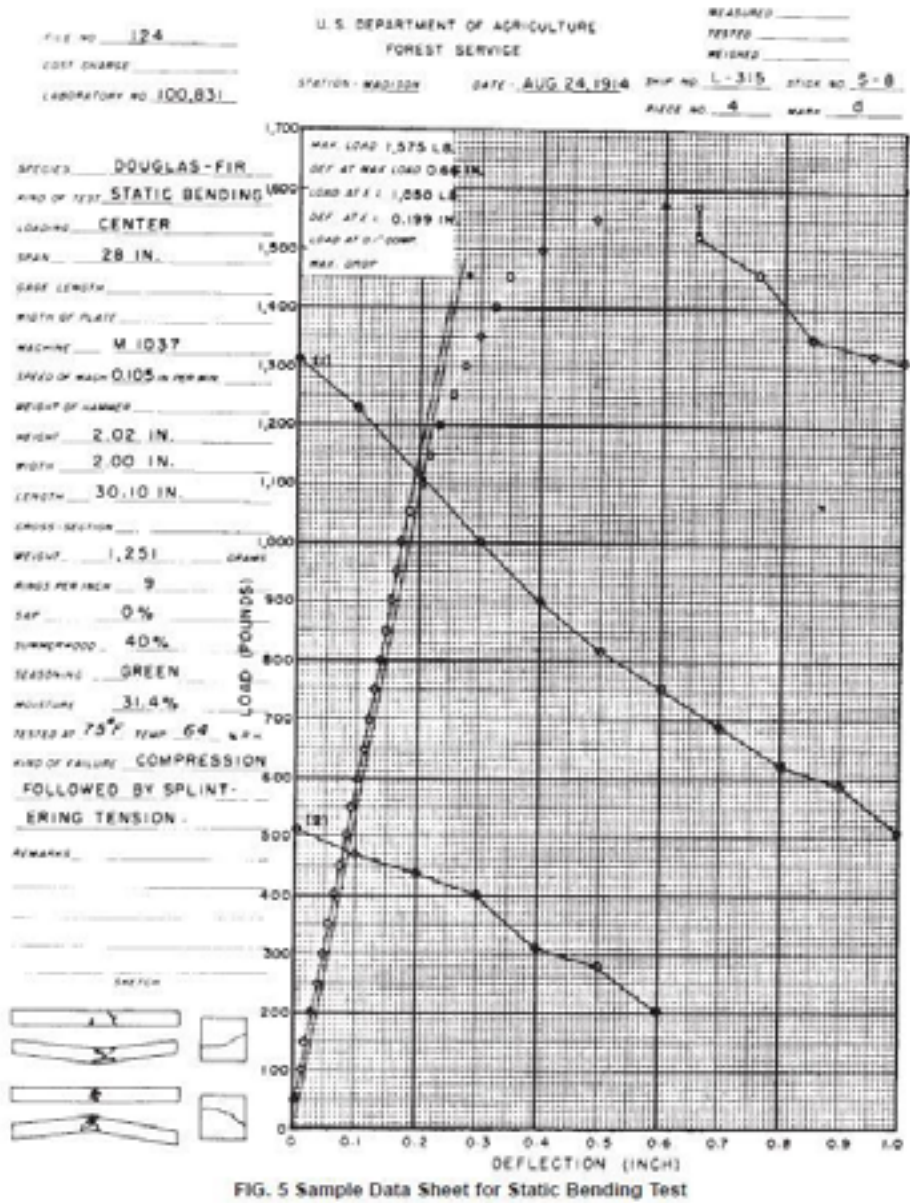


NOTA 1 - El término "grano cruzado" se considerará para incluir a todas las desviaciones de grano desde la dirección del eje longitudinal o bordes longitudinales de la muestra. Cabe señalar que el grano espiral puede estar presente incluso en un grado importante sin ser evidente a partir de una observación casual.

NOTA 2. La presencia de grano cruz tiene una pendiente que se desvía más de 1 en 20 de los bordes longitudinales de la muestra, deberá ser motivo de sacrificio de la prueba. Fig. 6 tipos de fallas en Flexión Estática







## 9. COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO

9.1 Tamaño de especímenes: Las pruebas de compresión paralelo al grano deben hacerse especímenes de método primario de 2x2x8pulg (50x50x200mm) del método primario, o con especímenes de 1x1x4pulg (25x25x100mm) método secundario. La dimensión de la sección transversal actual y la longitud se deberá medir (véase 22.2).

9.2 Superficies finales paralelas: Especial cuidado deberá tenerse en la preparación de los especímenes de prueba de compresión paralelo al grano, para asegurar que las superficies de los granos finales serán paralelos entre sí y en ángulo recto con el eje longitudinal. Al menos una platina de la máquina de ensayo deberá estar provista de un elemento esférico de apoyo para obtener una distribución uniforme de la carga sobre los extremos del espécimen.

9.3 Velocidad de la Prueba: La carga se aplicará de forma continua durante toda la prueba a una velocidad de la cruceta movil de 0,003pulg/pulg (mm/mm) de la muestra nominales longitud/min (ver 22.3).

9.4 Curvas de carga-compresión: Las curvas de carga de compresión deberán ser tomadas desde el centro longitudinal de calibre no superior a 6pulg (150mm) para el método de especímenes primario, y 2pulg (50mm) para el método de especímenes secundario. La lectura de cargas de compresión deberá mantenerse en vigor hasta que el límite proporcional haya pasado, como se indica por la curva (Nota 4).

NOTA 4: Ver Fig 7 para una muestra de datos de la compresión paralela al grano.

9.4.2 Las deformaciones se leerán a 0,0001pulg (0,002mm). 9.4.3 figuras 8 y 9 ilustran dos tipos de compresómetros que se han encontrado satisfactorios para las pruebas de la madera. Un aparato similar está disponible para medidas de compresión de más de una 2pulg (50mm) longitud de referencia.

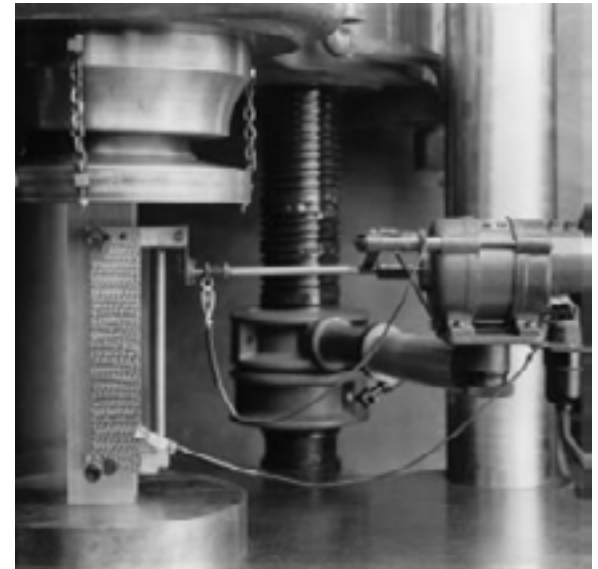


Fig 8 Compresión paralela al grano, prueba de ensamble usando un tipo automático de compresómetro para medir deformaciones (El cable en la esquina inferior derecha conecta el compresómetro con la unidad de grabación).



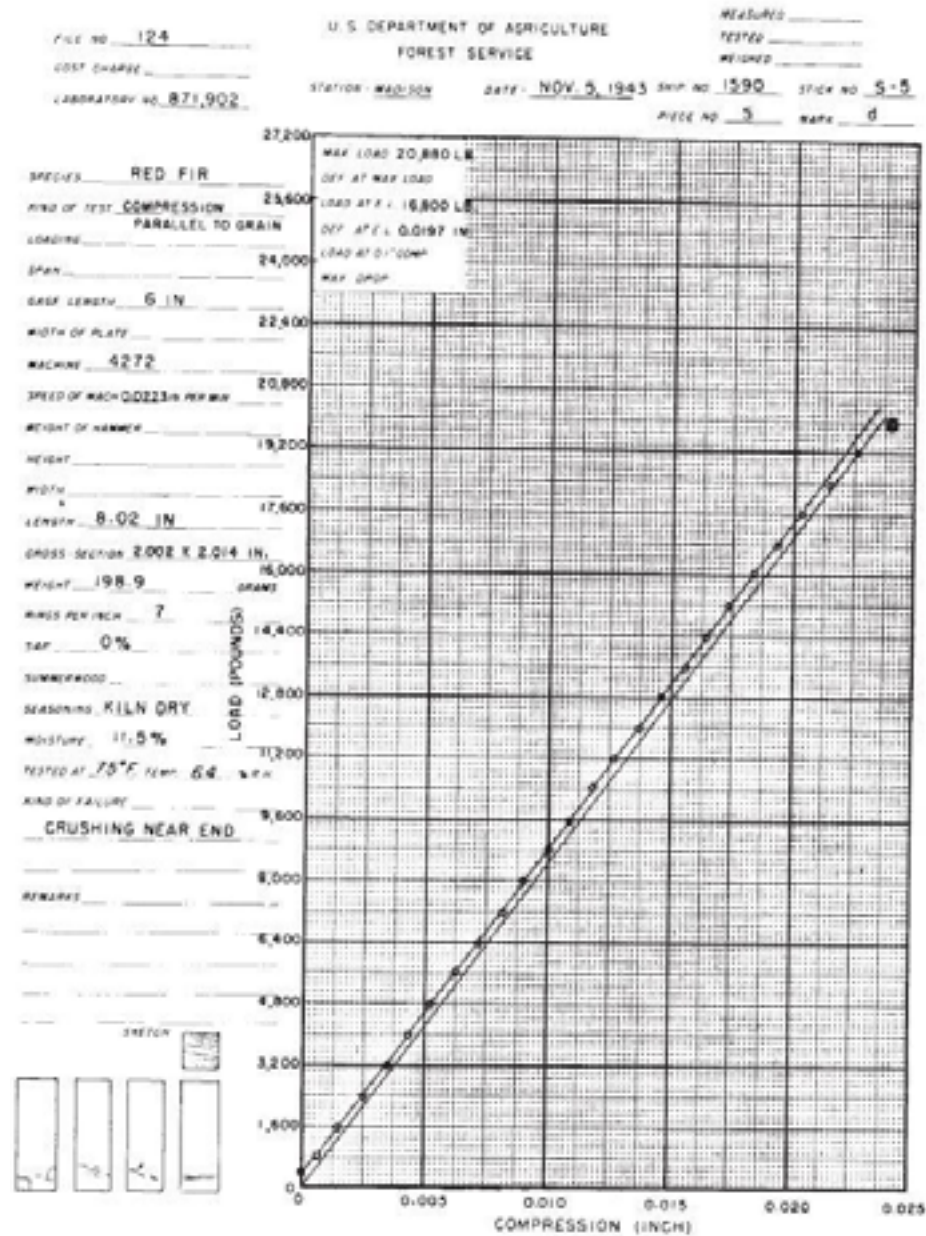


Fig 7 Muestra datos para la compresión paralela al grano de prueba.

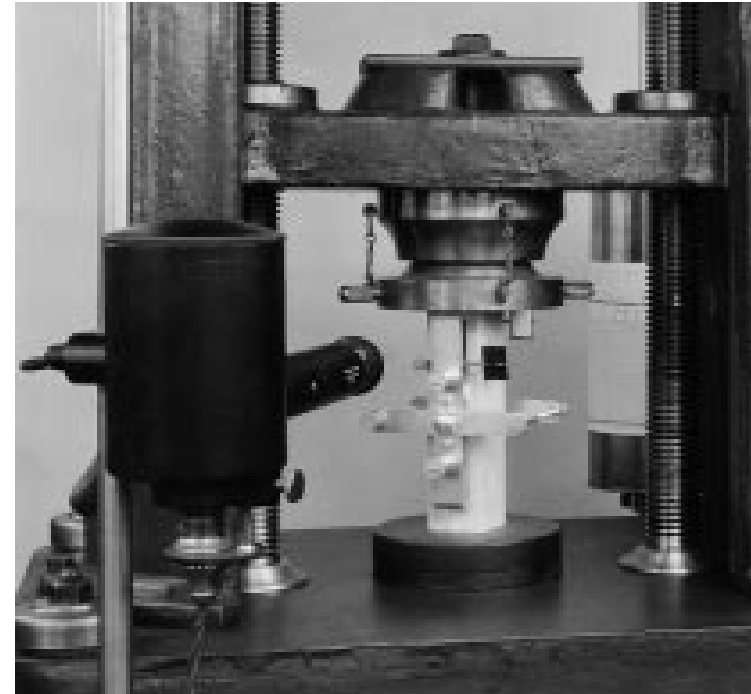


Fig 9 Compresión Paralela al grano, prueba de ensamble mostrando el método de medición de las deformaciones por medio del compresometro tipo rodillo.



9.5 Posición de la prueba de fallas: Con el fin de obtener resultados satisfactorios y uniformes, es necesario que los errores que se cometan. Con muestras de sección transversal uniforme, este resultado pueden ser obtenidos cuando los extremos están con un contenido de humedad muy ligeramente inferior que el del cuerpo. Con material verde (madera madura), normalmente será suficiente para cerrar la pila de los especímenes, cubrir el cuerpo con un paño húmedo, y exponer los extremos por un corto período de tiempo. Para el material seco, puede ser a veces aconsejable apilar los especímenes de un modo similar y colocarlos en un desecador, en caso de que las fallas en la prueba indiquen que un ultimo secado breve sea necesario.

9.6 Descripciones de fallas de compresión: Las fallas por compresión se clasificarán de conformidad con la aparición de la superficie fracturada (Fig. 10). En caso de que dos o más tipos de fallas se desarrollan, todas deberán ser descritas en el orden de su ocurrencia; por ejemplo, de cizallamiento seguido por el barrido. Las fallas también se bosquejan en su posición correcta en la hoja de datos.

9.7 El peso y contenido de humedad - Ver 8.8.

9.8 Medición de anillo y madera tardía: Cuando sea posible, el número de anillos por pulgada (anchura del anillo medio en milímetros) y la proporción de madera promedio se medirá a través de una pulgada representativa (cm) de la sección transversal del espécimen de prueba. En la determinación de la proporción de la madera de verano, es esencial que la superficie del extremo este preparada a fin de permitir la medición precisa de la madera tardía. Cuando las fibras este encima de los extremos aserrados, un ligero lijado, cepillado, o un tratamiento similar se recomienda en los extremos.

## 10. IMPACTO DE DOBLEZ

10.1 Tamaño de ensayos de flexión: El impacto será presentado en especímenes de 2x2x30pulg (50x50x760mm). La altura real y el ancho en el centro y la longitud serán medidos (ver 22.2).

10.2 Lapsos de carga: Uso el centro de carga y un lapso de longitud de 28pulg (710mm).

10.3 Bloque de apoyo: Teniendo el bloque y una maza de metal de curvatura correspondiente al bloque de apoyo como se muestra en la Fig. 4 se utilizarán en la aplicación de la carga.

10.4 Colocación de los anillos de crecimiento: el espécimen deberá ser colocado de forma que la carga se aplica a través del bloque de apoyo a la superficie tangencial más próximo a la médula.

10.5 Procedimiento: Hacer las pruebas incrementando las gotas en una Hatt - Turner o una máquina de impacto similar (ver Fig. 11). La primera caída será de 1pulg (25mm), después de lo cual aumentará la caída 1pulg y seguir incrementando hasta alcanzar una altura de 10pulg (250mm). A continuación, utilice 2pulg (50mm) hasta el fallo completo se produce a una desviación de 6pulg se alcanza (150mm).

10.6 Peso del martillo: Un martillo de 50 lbf (22,5 kg) deberá ser utilizado cuando, con los impactos hasta la capacidad de la máquina (Alrededor de 68pulg (1,7 m) para el pequeño impacto Hatt-Turner máquina), es prácticamente seguro que el fracaso completo o una desviación de 6pulg. (150 mm) resulte para todos los especímenes de una especie. Para todos los demás casos, se utilizará un 100 lbf (45 kg) martillo.





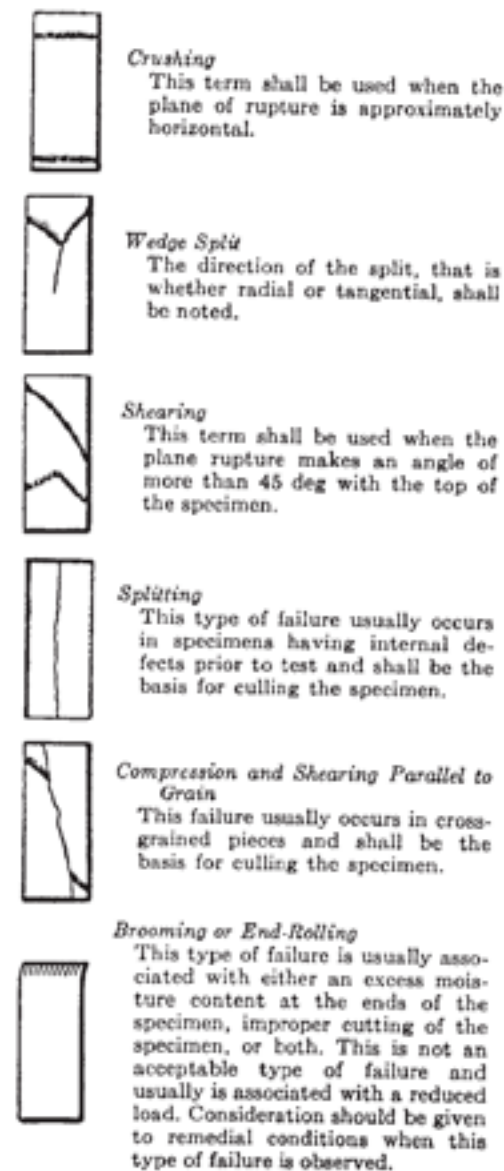


FIG. 10 Types of Failures in Compression

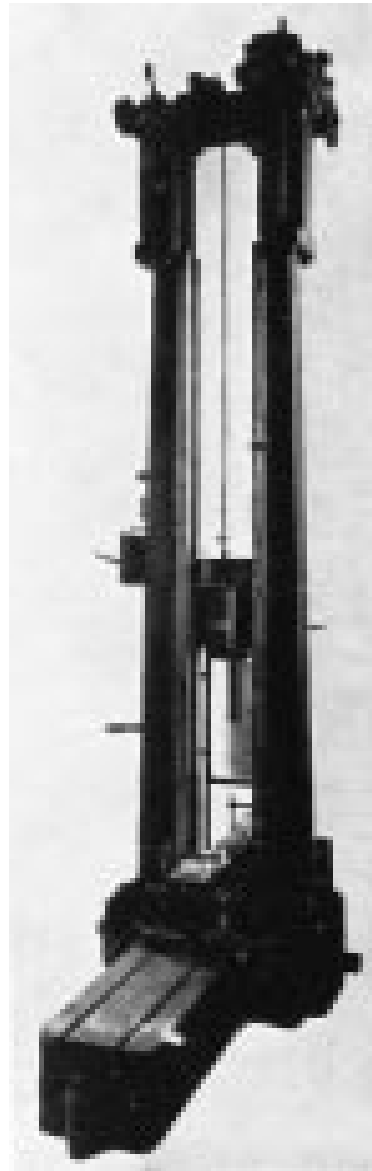


FIG. 11 Hatt-Turner Impact Machine, Illustrating Method of Conducting Impact Bending Test

10.7 Los registros de deflexión: Cuando se desee, los registros gráficos de tambor (Nota 5) dando la deflexión para cada caída y el conjunto, en su caso, se efectuará hasta que se produzca el primer fallo de este registro. Este registro también proporciona datos de los cuales la altura exacta de la caída puede ser escalada al menos para las primera cuatro caídas.

NOTA 5: Ver Fig. 12 para un registro de tambor de la muestra.

10.8 Caída causa fallos: La altura de la caída que cause o el fallo completo o 6 pulgadas de desviación se deben observar en cada espécimen.

10.9 Descripción del fallo: El fallo se bosquejó en la hoja de datos (Nota 6) y se describe de acuerdo con las instrucciones de flexión estática en 8.7.

NOTA 6: Ver Fig. 13 para un impacto de forma de la muestra de la hoja de datos. La figura 14 muestra una tarjeta de datos de la muestra y la tarjeta computacional.

10.10 Peso y contenido de humedad: Ver 8.8.

## 11. DUREZA

11.1 Una prueba de impacto de un solo golpe en un pequeño espécimen es reconocida como una prueba muy útil y deseable. Varios tipos de máquinas tales como la tenacidad, Izod y de Amsler han sido utilizados, pero la información disponible es insuficiente para decidir si Un procedimiento es superior a otro, o si los resultados por los diferentes métodos pueden ser correlacionados directamente. Si la maquina de dureza se utiliza, el siguiente procedimiento se considera satisfactorio. Para ayudar en la normalización y para facilitar las comparaciones, el tamaño de la muestra de tenacidad se ha hecho igual al aceptado internacionalmente.



NORMA ASTM D 143 – 94 MÉTODOS ESTANDARIZADOS PARA EL MUESTREO DE PEQUEÑOS ESPECÍMENES DE MADERA.

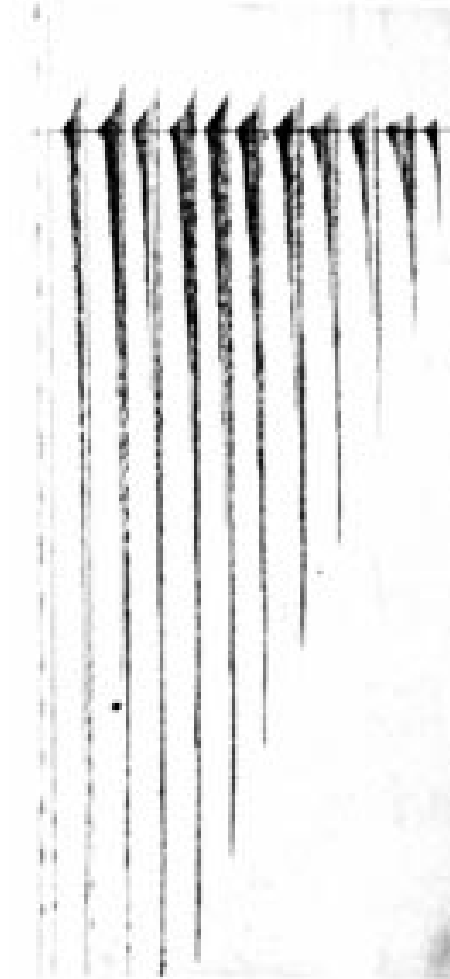


Fig 12 Muestra del registro de tambor de Impacto de prueba de Doblado

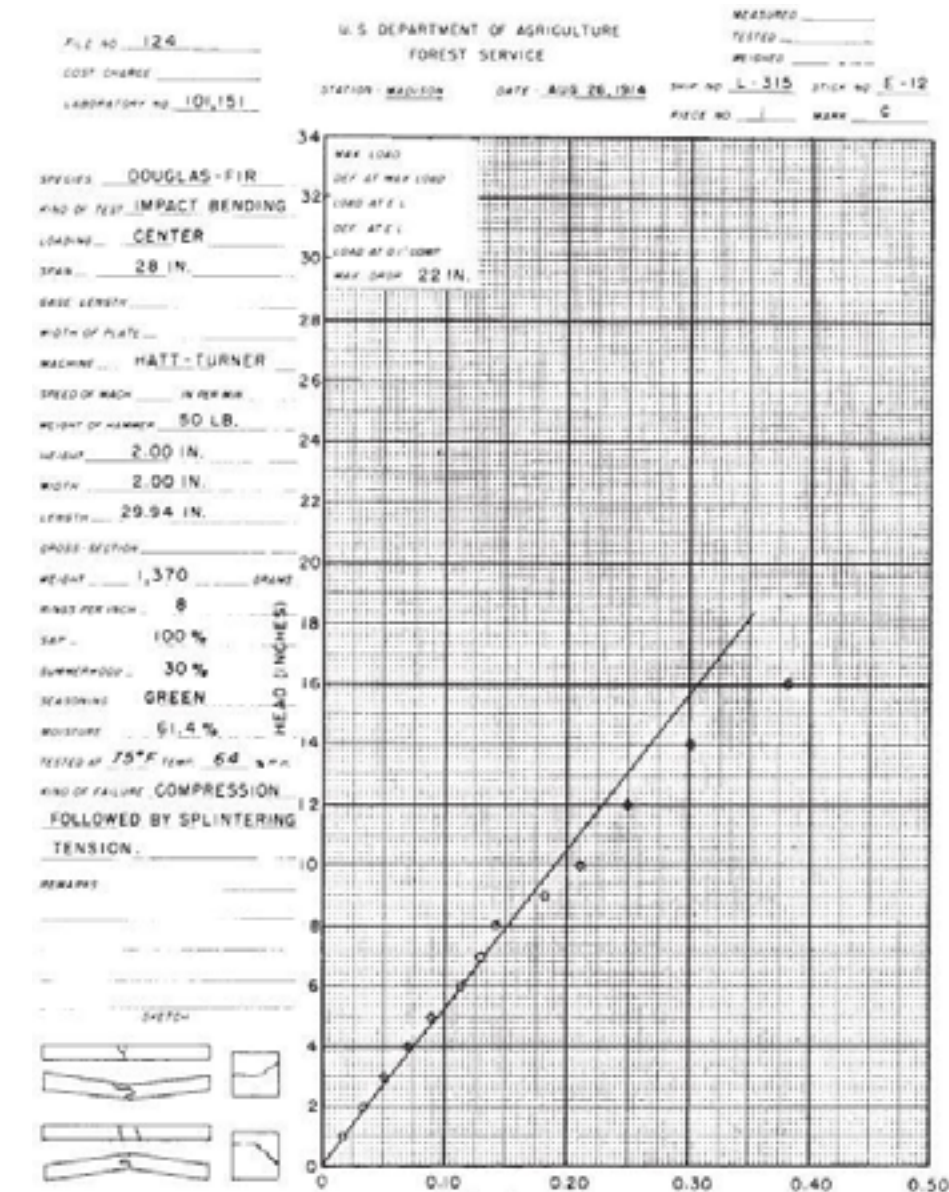


Fig 13 Hoja de datos de la muestra de Impacto de la prueba de flexión



11.2 Tamaño de la muestra- se realizarán las pruebas de tenacidad 0,79 por 0,79 por 11 pulg. (20 mm por 20 por 280) en especímenes de 0.79. La altura real y el ancho en el centro y la longitud deberán ser medidas. (Ver 22.2).

11.3 Carga y tramo – Centro de carga y una longitud de tramo de 9,47 pulg. (240 mm) se deberá utilizar. La carga se aplicará a una superficie radial o tangencial en muestras alternas.

11.4 bloque de apoyo -- Una maza de aluminio (Fig. 15) que tiene una radio de 3/4 pulg. (19 mm) se utilizará en la aplicación de la carga.

11.5 Instrumentos y procedimiento -- Hacer las pruebas en una máquina de tenacidad de tipo péndulo (Nota 7) (Ver Fig. 15). Ajustar la máquina antes de la prueba para que el péndulo cuelga verticalmente, y ajustarlo para compensar la fricción. Ajuste el cable de manera que la carga es aplicada a la muestra cuando el péndulo oscila a 15 ° respecto de la vertical, de manera que produzca fallo completo cuando la oscilación hacia abajo se complete.

Elija la posición de peso y el ángulo inicial (30, 45, o 60 °) del péndulo, para que la falla completa de la muestra se obtenga en una caída.

Los resultados más satisfactorios se obtienen cuando la diferencia entre el ángulo inicial y final es de al menos 10 °.

NOTA 7-Muchas máquinas de tenacidad de tipo péndulo se basan en un diseño desarrollado y utilizado en el Laboratorio de Productos Forestales del USDA en Madison, Wisconsin.

11.6 Cálculo.- El ángulo inicial y final se leyó hasta el 0,1 ° más cercanas por medio de la escala graduada (Fig. 15) colocada en la máquina (Nota 8).

NOTA 8-Ver Fig. 16 para datos de muestras y la hoja de cálculo para la prueba de dureza.

La tenacidad a continuación se calculará de la siguiente manera:

T=wL (cos A2 - cos A1)

Dónde:  
T = tenacidad(trabajo por espécimen, en. Lbf (Nm),  
W = peso del péndulo, lbf (N),  
L = distancia desde el centro del eje de soporte al centro de la gravedad del péndulo, in. (m),  
A1 = ángulo inicial (Nota 9), grados, y  
A2 = ángulo final del péndulo con la vertical tras el fracaso de la muestra de ensayo, grados.

NOTA 9-Dado que la fricción es compensada en el ajuste de la máquina, el ángulo inicial puede ser considerado como exactamente 30, 45, o 60 °, según sea el caso.

11.7 Peso y contenido de humedad-- el espécimen deberá estar pesado inmediatamente antes de la prueba y después de la prueba de humedad una sección de aproximadamente 2 pulg. (50 mm) de longitud, será cortada de la muestra cerca de la falla (ver 21.1 y 22.1).

12. LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

12.1 Tamaño de las muestras.- La compresión perpendicular a pruebas de grano se efectuarán con el 2 por 2 por 6 pulg. (50 por 50 por 150 mm). La altura, anchura y longitud (ver 22.2).

12.2 Carga- La carga será aplicada a través de una placa metálica de soporte 2 in. (50 mm) de ancho, colocado a través de la superficie superior de la muestra a la misma distancia de los extremos y en ángulo recto con la longitud (Fig. 17). El ancho real de la placa de apoyo se medirá (ver 22.2).



12.3 La colocación de los anillos de crecimiento- Los especímenes serán colocados de forma que la carga se aplica a través de la placa de apoyo a una superficie radial.

12.4 Velocidad de la Prueba-La carga se aplicará de forma continua durante todo el ensayo a una velocidad de movimiento de la cruceta móvil de 0,012 pulg. (0,305 mm) / min (ver 22.3).

12.5 Curva de carga - compresión:  
12.5.1 Se tomarán las curvas de carga de compresión (Nota 10) para todos los especímenes de hasta 0,1 pulg. (2,5 mm) de compresión, después de lo cual la prueba se discontinuará. La compresión se medirá entre las superficies de carga.

NOTA 10 Ver Fig. 18 para una muestra de compresión perpendicular a grano forma de hoja de datos.

12.5.2 lecturas de deflexión se tomarán a 0,0001 in. (0,002 mm).

12.6 Peso y contenido de humedad-el espécimen se pesará inmediatamente antes de la prueba, y después de la prueba de humedad, sección de aproximadamente 1 pulg. (25 mm) de longitud será cortada adyacente a la parte bajo carga (Ver 21.1 y 22.1).

IMPACT BENDING											
E-30E			E-12			Station			Date		
(Spec No.)			(Spec No.)			(Spec No.)			(Spec No.)		
Species Douglas Fir			Grade C180C			Seasoning Green			Moisture 61.4		
Ring 8			Tap 100			Sawmilled 30			Moisture 61.4		
Diameter 50			In. Spec 28.0			Length 28.0			Weight 1370g		
Spec No.	Spec	Spec	Spec	Spec	Spec No.	Spec	Spec	Spec	Spec	Spec No.	Spec
1	1.0	0.15	0.017	11	12.0	0.50	0.250	12	12.0	0.50	0.250
2	2.0	0.18	0.032	13	14.0	0.50	0.300	14	14.0	0.50	0.300
3	3.0	0.22	0.048	15	16.0	0.62	0.384	16	16.0	0.62	0.384
4	4.0	0.26	0.064	17	18.0	0.67	0.480	18	18.0	0.67	0.480
5	5.0	0.30	0.080	19	20.0	0.75	0.600	20	20.0	0.75	0.600
6	6.0	0.34	0.116	21	22.0	0.83	0.730	22	22.0	0.83	0.730
7	7.0	0.38	0.152	23	24.0	0.92	0.860	24	24.0	0.92	0.860
8	8.0	0.42	0.188	25	26.0	1.00	1.000	26	26.0	1.00	1.000
9	9.0	0.46	0.224	27	28.0	1.08	1.160	28	28.0	1.08	1.160
10	10.0	0.50	0.260	29	30.0	1.17	1.350	30	30.0	1.17	1.350
Notes: Compression followed by Splitting Tension.											

FIG. 14 Ejemplo de Datos y Computación tarjeta de Impacto Prueba de Doblado

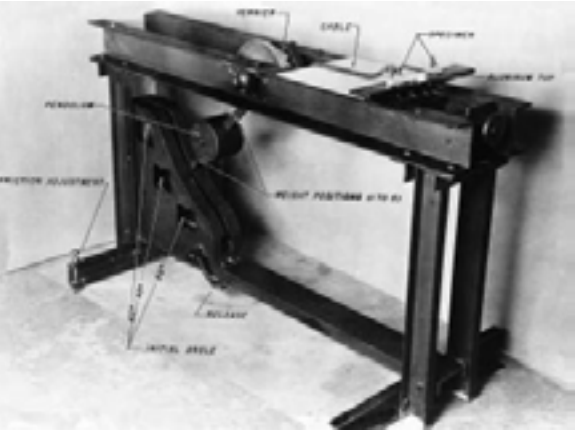


Fig. 15 Prueba de resistencia a las juntas







13. Dureza

13.1 Tamaño de las muestras- se procederá a las pruebas de dureza de 2 por 2 por 6 pulg. (50 por 50 por 150 mm). Las dimensiones de la sección transversal y la longitud se medirá (véase 22.2).

13.2 Procedimiento - Utilice la prueba de bola modificada con una "bola" 0,444 in. (11,3 mm) de diámetro para la determinación de la dureza (Fig. 19). El área proyectada de la pelota en la prueba es de 1 cm2. Registrar la carga a la que el balón haya penetrado hasta la mitad de su diámetro, según lo determinado por un indicador de circuito eléctrico o por el endurecimiento del collar contra el espécimen.

13.3 Número de penetraciones-Dos perforaciones se realiza sobre una superficie tangencial, dos en una superficie radial, y una en cada extremo. La elección entre los dos radiales y entre las dos superficies tangenciales deberá ser tal que se obtenga un promedio razonable de la pieza. Las penetraciones serán lo suficientemente lejos del borde para evitar que se resquebraje o astille (Nota 11).

NOTA 11-Fig. 20 para una muestra de datos y hojas de cálculo para examen de dureza.

13.4 Prueba de velocidad -- La carga se aplica de forma continua durante todo el ensayo a una velocidad de movimiento de la cruceta móvil de 0,25 pulg. (6 mm / min) (ver 22.3).

13.5 Peso y contenido de humedad-La muestra se pesaron inmediatamente antes de la prueba, y después de la prueba se cortó una sección de humedad de aproximadamente 1 pulg. (25 mm) de longitud (ver 21.1 y 22.1).

14. Cizallamiento paralelo al grano

14.1 Esta sección describe un método de hacer la prueba de cizallamiento de paralelo a grano que se ha utilizado ampliamente y se encontró satisfactoria.

14.2 Tamaño de las muestras-la prueba del cizallamiento paralelo al grano se realizará en un 2 por 2 por 2-1/2in. (50 por 50 por 63 mm) entalladas de acuerdo con la Fig. 21 para producir el fracaso en un 2 por 2 pulg. (50 por 50 mm) de la superficie. Las dimensiones reales de la superficie de corte se medirán (ver 22.2).

14.3 Procedimiento- Utilice una herramienta de cizallamiento similar a la ilustrada en la Fig. 22, proporcionando un 1/8 pulg. (3 mm) de desplazamiento entre el borde interior de la superficie de apoyo y el plano del borde adyacente de la superficie de carga. Se aplique y apoye la carga sobre superficies de madera de testa. Tener cuidado en la colocación de la muestra en la herramienta de cizallamiento para ver que el travesaño se ajusta, por lo que los bordes de la muestra son verticales y el extremo se apoya de manera uniforme sobre el soporte sobre el área de contacto. Observar solamente la carga máxima.

14.4 pruebas de velocidad- La carga se aplica de forma continua durante todo la prueba a una velocidad de movimiento de la cruceta móvil de 0,024 pulg. (0,6 mm) / min (ver 22.3).

NOTA 12 Ver Fig. 23 para una muestra de datos y la

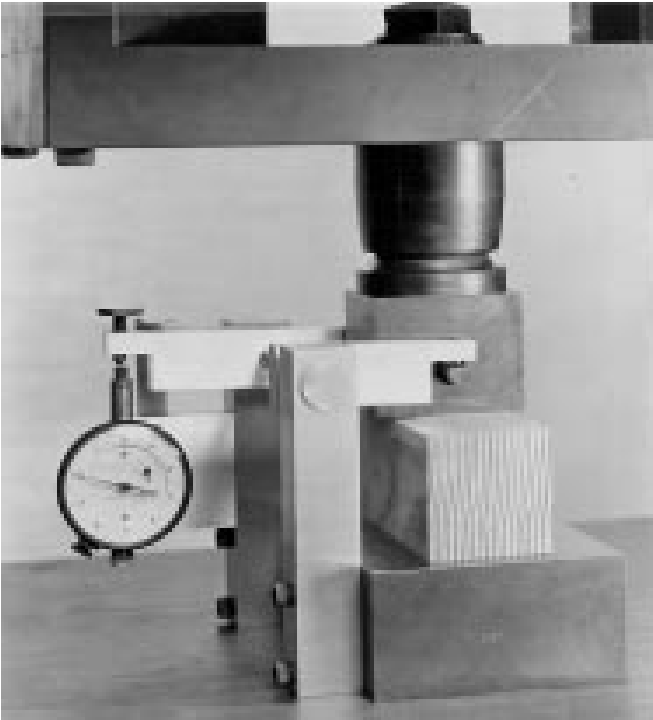


FIG. 17 - Compresion perpendicular al grano- Mostrando Método de aplicación de la carga y la medida de la deformación por medio de la promediación- tipo Compresómetro

TOUGHNESS

STATION - WADSWORTH

SPECIES PACIFIC SILVER FIR SHIPMENT NO. 1651

PROJECT STR. II SEASONING GREEN MEASURED BY \_\_\_\_\_

COST CHARGE 01-3-005 SPAN 9 4 1/2 IN WEIGHED BY \_\_\_\_\_

LABORATORY NOS. 288, 2798-8064 MACHINE NO. 4,715 TESTED BY \_\_\_\_\_

DATE FEB. 1, 1950 TEMP. 73 °F REL. HUMIDITY 69 %

STICK NO.	LAB. NO.	DIMENSIONS L" x W" x H"	WEIGHT GR	MOIST. %	UP OR DOWN	POSITION OF KNOTS IN		INITIAL PENCIL NO.	FINAL ANGULAR PENCIL NO.	TOUGHNESS		REMARKS
						RAD	TANG			W	T	



14.5 Error de prueba- El fallo será dibujado en la hoja de datos (Nota 12). En todos los casos en los que la falla en la base de la muestra se extienda hacia atrás sobre la superficie de soporte, la prueba debe ser rechazada.

NOTA 12 Ver Fig. 23 para una muestra de datos y la hoja de cálculo para la prueba de cizallamiento tangencial a la prueba de grano.

14.6 Contenido de humedad- La porción de la pieza de prueba que se cizalla se utiliza como una prueba de humedad (véase 21.1 y 22.1).

## 15. hendidura

15.1 Tamaño de las muestras -- Las pruebas de escisión se efectuarán sobre muestras de la forma y tamaño de acuerdo con la Fig. 24. La anchura y la longitud real de la sección mínima serán medidas (ver 22.2).

15.2 Procedimiento-Las muestras se mantendrán en agarraderas durante la prueba como se muestra en las figuras. 25 y 26. Observe solamente la carga máxima.

15.3 La prueba de velocidad- La carga se aplica de forma continua durante todo el ensayo a una velocidad de movimiento de la cruceta móvil de 0,10 pulg. (2,5 mm) / min (ver 22.3).

15.4 Bosquejo de Falla-El fallo se esbozó en la hoja de datos (Nota 13).  
NOTA 13-Fig. 27 para una muestra de datos y hoja de cálculo para la prueba de la división

15.5 Contenido de humedad-Una de las piezas que quedan después de un fallo, o una fracción de la sección a lo largo de la superficie de falla, se utilizará como una muestra de humedad (véase 21.1 y 22.1).

## 16. La tensión paralela a la fibra

16.1 Un método para determinar de la resistencia a la tensión paralela a la fibra de la madera se da en el siguiente procedimiento.

16.2Tamaño de la muestra-- Las pruebas de tensión paralelas a la fibra se realizará sobre muestras del tamaño y forma de conformidad con la Fig. 28. El espécimen se orientan de modo que la dirección de los anillos anuales en la sección crítica en los extremos de los especímenes, será perpendicular a la mayor dimensión de la sección transversal. Las dimensiones transversales reales en sección mínima se medirán (ver 22.2).

### 16.3 Procedimiento:

16.3.1 sujetar la muestra en las agarraderas especiales (Fig. 29). La deformación se mide durante 2 pulg. (50 mm) longitud de calibre en el centro de todas las muestras. Tomar las lecturas de carga-extensión hasta que se pase del límite proporcional.

16.3.2 Leer deformaciones a 0,0001 pulg. (0,002 mm).

16.3.3 Fig. 29 ilustra dispositivos de agarre y un tipo de extensómetro que se han encontrado satisfactorios.

16.4 Pruebas de velocidad -La carga se aplicará de forma continua durante toda la prueba a una velocidad de movimiento de la cruceta móvil de 0,05 en (1 mm) / min (ver 22.3).

16.5 Grafico de Falla- El fallo se dibujó en la hoja de datos (Nota 14).

NOTA 14-Fig. 30 para una tensión de muestra en paralelo a los datos de grano y la hoja de cálculo.



16.6 Contenido de Humedad- una sección de humedad de cerca de 3 pulg. (76 mm) de longitud será cortada de la sección reducida cerca de la falla (véase 21.1 y 22.1).

## 17. La tensión perpendicular al grano

17.1 Tamaño de la muestra-- La tensión perpendicular a las fibras-- las pruebas se efectuarán sobre muestras del tamaño y la forma de acuerdo con la Fig. 31. El ancho real y la longitud en secciones mínimas se medirán (ver 22.2).

17.2 Procedimiento-Fijar las muestras durante el ensayo en apretones como se muestra en las Figs. 32 y 33. Observe solamente la carga máxima

17.3 Velocidad de la Prueba-La carga se aplicará de forma continua durante toda la prueba a una velocidad de movimiento de la cruceta móvil de 0,10 pulg. (2,5 mm) / min (ver 22.3).

17.4 Grafica de Falla - El fallo se dibujó en el hoja de datos (Nota 15).  
NOTA 15 Ver Fig. 34 para una muestra de datos y hojas de cálculo para el ensayo de tracción perpendicular las fibras.

17.5 Contenido de humedad-Una de las piezas que quedan después de fracaso o una fracción de la sección a lo largo de la superficie de falla, será utilizado como un espécimen de humedad (véase 21.1 y 22.1).

## 18. Retirada del clavo

18.1 clavos-clavos utilizados para las pruebas de retiro deberán ser de 0,0985 pulg. (2,5 mm) de diámetro (Nota 16). Se utilizaran clavos punta de diamante brillante.

Todos los clavos deben ser limpiados antes de su uso para eliminar cualquier película o revestimiento de la superficie que puede estar presente como resultado de operaciones de manufactura. Cada clavo debe utilizarse una vez.

NOTA 16- Un clavo común cumple con este requisito. Si se experimenta dificultad con maderas de alta densidad en sacar los clavos sin romper las cabezas, un clavo de platino del cual se remueve el revestimiento con un solvente se debe utilizar.

18.2 Preparación de Muestras-Los clavos se conducirá perpendicularmente a la cara del espécimen para una penetración total de 11/4 pulg. (32 mm). Dos clavos serán empujados en una superficie tangencial, dos en una superficie radial, y una en cada extremo. Los elección entre las dos superficies radiales y dos superficies tangenciales deberá ser tal que se obtenga un promedio razonable de la pieza. En caras radiales y tangenciales, los clavos serán empujados a una distancia suficiente a partir de los bordes y extremos de la muestra para evitar la división. En general, los clavos no deben ser conducidos a menos de 3/4 pulg. (19 mm) desde el borde o en 11/2. (38 mm) desde el extremo de una pieza. Los dos clavos en una cara radial o tangencial no deben ser conducidos en línea entre sí o menos de 2 pulg. (50 mm) de distancia.

18.3 Procedimiento-Retirar los seis clavos en un solo ejemplar inmediatamente después de conducir. Fijar las muestras durante la prueba en agarres, como se muestra en las Figs. 35 y 36. Tenga en cuenta las cargas máxima única (Nota 16).

NOTA 17-Fig. 37 para la forma de la hoja de datos de prueba de clavos retirada de muestras.





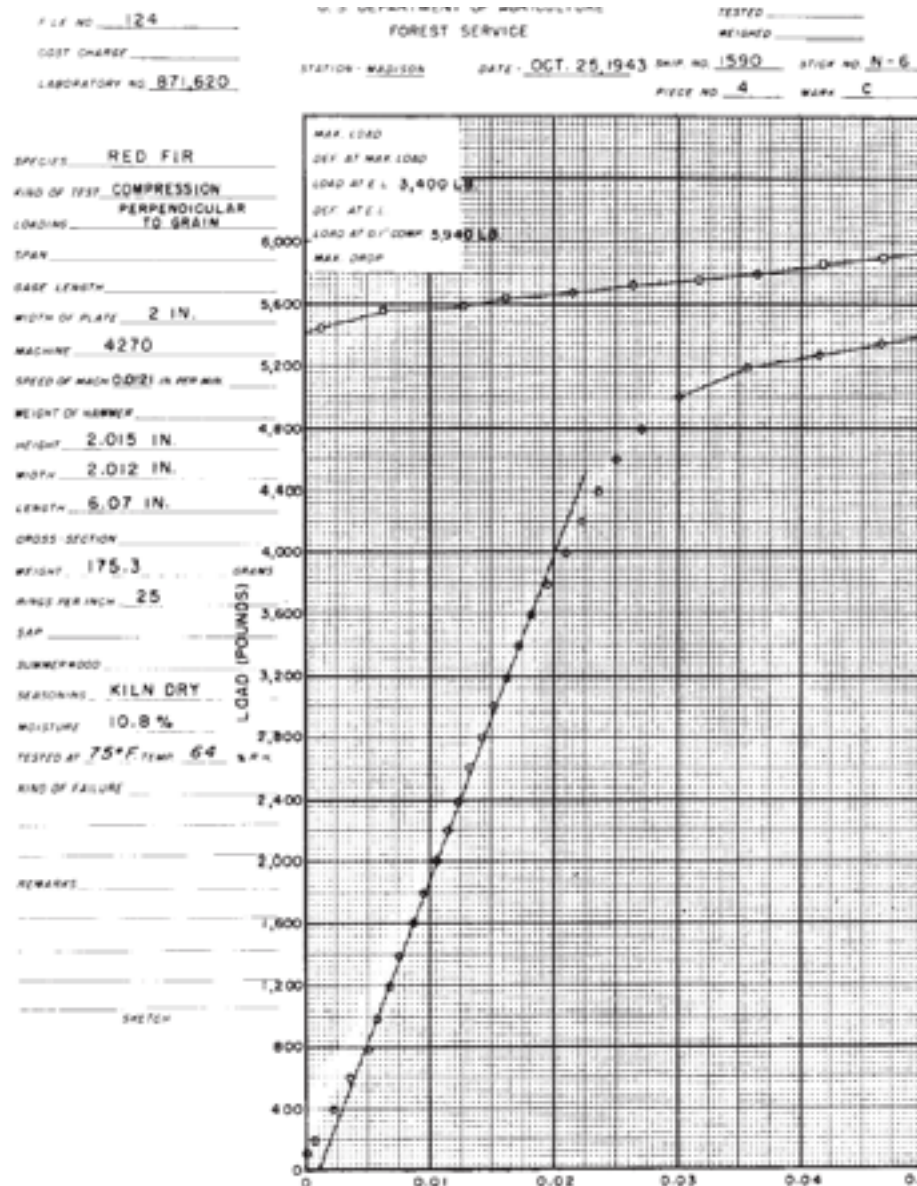


FIG. 18 Sample Data Sheet for Compression-Perpendicular-to-Grain Test



18.4 velocidad de Pruebas-La carga se aplica de forma continua durante todo el ensayo a una velocidad de movimiento de la cruceta móvil de 0,075 pulg. (2 mm) / min (ver 22.3).

18.5 El peso y contenido de humedad-La muestra se pesaron inmediatamente antes de conducir los clavos. Después de la prueba, una sección de humedad de aproximadamente 1 pulg. (25 mm) de longitud será cortada de la muestra (ver 21.1 y 22.1).

19. La gravedad específica y la contracción en el volumen (Nota 17)

NOTA 18 Otros métodos para determinar la gravedad específica utilizando muestras de diferente forma, tamaño y contenido de agua se encuentran en ASTM D 2395.

19.1 Tamaño de las muestras. La gravedad específica y la contracción en las pruebas de volumen se realizarán en verde 2 por 2 por 6 pulg. (50 mm por 50 por 150). Las dimensiones de la sección transversal y longitud reales se medirán (ver 22.2).

## 19.2 Procedimiento:

19.2.1 Obtener las determinaciones de densidad relativa y la contracción-volumen sobre la misma muestra. Hacer estas determinaciones en el contenido de humedad de aproximadamente el 12% y en la condición secada al horno (ASTM D 2395).

19.2.2 Una impresión de carbono del extremo de la pieza verde se puede hacer en la parte posterior de la hoja de datos (Nota 18). De la misma manera, una impresión de carbono del mismo fin se puede hacer después de que la muestra se ha acondicionado.

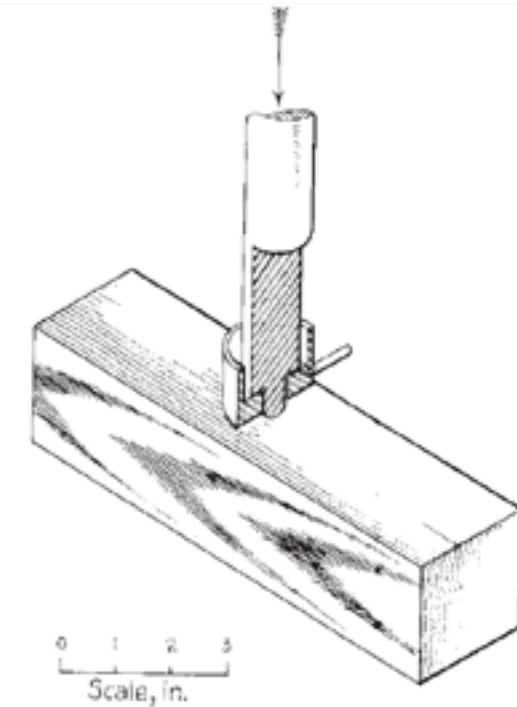


FIG. 19 Diagrammatic Sketch of Method of Conducting Hardness Test



NOTA 19-Fig. 38 para una muestra de datos y hojas de cálculo para la gravedad específica y la prueba de contracción en volumen.

19.2.3 Pesar la muestra cuando está verde (ver 22.1) y determinar el volumen por el método de inmersión de acuerdo con los procedimientos de ASTM D 2395.

19.2.4 Abrir-apilar las muestras verdes después de la inmersión y permitir el secado al aire libre bajo condiciones para un contenido de humedad uniforme de aproximadamente el 12%. Las muestras entonces se deben pesar y el volumen determinado por el método de inmersión.

19.2.5 A continuación, apila las muestras utilizadas para la determinación de la gravedad y de contracción específicos en el contenido de humedad del 12%, o duplicar las muestras en las que se realizaron las mediciones de peso y volumen verde antes del acondicionamiento para el contenido de humedad de aproximadamente 12% en un horno. Secar a  $103 \pm 2^\circ \text{C}$  hasta que se alcance aproximadamente una masa constante (ASTM D 4442).

19.2.6 Después de secado en horno, pesar las muestras (véase 22.1) y mientras aún está caliente, sumergirlos en un baño de parafina caliente, teniendo cuidado de retirar de forma rápida para asegurar una capa fina.

19.2.7 Determinar el volumen de la muestra cubierta en parafina por inmersión como antes.

19.2.8 Fig. 39 ilustra el aparato utilizado para determinar la gravedad específica y la contracción en el volumen. El uso de un equilibrio automático facilitará una mayor rapidez y exactitud de las mediciones.

## 20. La contracción radial y tangencial

20.1 Tamaño de las muestras-- La determinación de contracción radial y tangencial se tomarán en especímenes verdes de 1 por 4 por 1 pulgada. (25 por 100 por 25 mm) las muestras cortados de tableros de 1 por 4 pulg. (25 por 100 mm), borde de fibras y fibras plana, respectivamente.

20.2 Medición Inicial--La longitud de todos los especímenes se medirá.

20.3 Peso-El espécimen se pesaron cuando está verde y después del secado en horno (ver 21.1).

### 20.4 Secado:

20.4.1 Los especímenes verdes serán apiladas y se deja secar al aire en condiciones de ambiente a contenido de humedad uniforme de aproximadamente 12%.

20.4.2 Después de pesar y medir, las muestras se efectuará entonces abierta apilados en un horno y secado a  $103 \pm 2^\circ \text{C}$  hasta alcanzar aproximadamenre masa constante (Métodos de Ensayo D 4442).

20.5 Medicion final--- Las mediciones de masa y longitud se efectuarán sobre las muestras secadas en horno (ver Nota 18).

NOTA 20 Ver Fig. 40 para una muestra de datos y hojas de cálculo para el radial y tangencial de prueba-contracción.

20.6 Método de Medición-fig. 41 ilustra el método de hacer las mediciones de contracción radial y tangencial. Un micrómetro ordinario de precisión requerido es adecuado para este trabajo (véase 22.2).



## 21. Determinación de Humedad

21.1 Selección- La muestra para la determinación de la humedad de cada muestra de ensayo deberá ser seleccionado como se describe para cada prueba.

21.2 – Peso--Inmediatamente después de obtener la muestra de la humedad, todas las astillas sueltas deberán ser removidos y la muestra se pesarán (ver 22.1).

21.3 secado--Las muestras de humedad deberán estar en un horno y secadas a una temperatura de  $103^\circ \text{C} \pm 2$  hasta que se alcance la masa aproximadamente constante, después de lo cual se determinará la masa secada al horno-apilada abierta.

21.4 Contenido de humedad-- La pérdida de masa, expresada en porcentaje de la masa seca al horno según lo determinado, se considerará como el contenido de humedad de la muestra.

## 22. Masa y las variaciones admisibles

22.1 masa-- La masa de los especímenes de prueba y las muestras de humedad se determinará con una precisión de no menos de 0,2%.

22.2 mediciones-- Las mediciones de las muestras de prueba se realizarán con una precisión de no menos de 0,3%, excepto que en ningún caso se efectuarán las mediciones de menos de 0,01 pulg. (0,25 mm). Sin embargo, se efectuarán mediciones de muestras de contracción radial y tangencial a la más cercana 0,001 pulg. (0,02 mm).

22.3 Probar velocidad de las maquinas.-La velocidad de la máquina de prueba utilizado no debe variar en más de un 25% respecto a la especificada para una prueba determinada. Si la velocidad especificada no se puede obtener, la velocidad utilizada se debe registrar en la hoja de datos. La velocidad de la cruceta se entenderá como la marcha libre o la velocidad en vacío de la cruceta para máquinas de pruebas del tipo de accionamiento mecánico y la velocidad de la cruceta cargado para máquinas de pruebas del tipo de carga hidráulica.

## 23. Calibración

23.1 Todos los aparatos utilizados en la obtención de los datos se calibrará con la frecuencia suficiente para asegurar la exactitud (E Prácticas 4).

## 24. Precisión y sesgo

24.1. Las declaraciones de precisión y sesgo para las pruebas todavía no se han desarrollado.

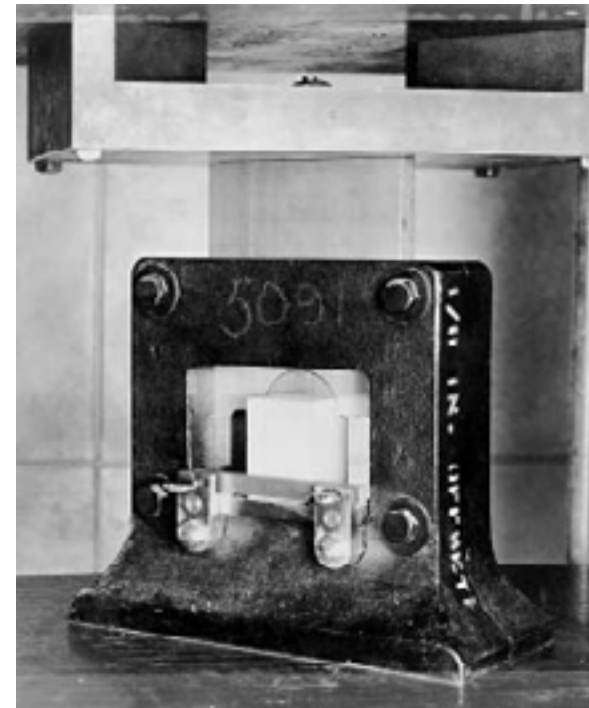


FIG. 22 Shear-Parallel-to-Grain Test Assembly Showing Method of Load Application Through Adjustable Seat to Provide Uniform Lateral Distribution of Load



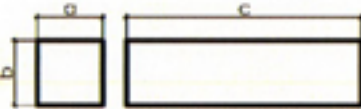




ANEXO 05. Ensayos de laboratorio (humedad, compresión, flexión y cizallamiento)

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ESPECIMENES DE MADERA DE LAUREL  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas  
**Fecha:** Mayo-2016  
**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.  
**Realizado por:** - Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.  
**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano  
**Instrumento tipo:** Horno Humbolt para secado de muestras, capacidad 198 l, circulación de aire a presión con ventilador controlador de temperatura, desde ambiente hasta 149 °C.



**Material:** Madera  
**Muestra:** 1,2,3,4  
**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)  
**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.  
**Ensayo de:** Determinación de Contenido de Humedad

ESPECÍMENES SECOS

TIPO DE MADERA	CODIGO	PESO W	a	b	Lo "c"	Area inicial Ao	PESO. VOLUMEN	Volumen	Contenido de humedad verde	Peso específico básico	Densidad seca	Contenido de humedad verde (promedio)
		(g)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm2)	(kg/cm3)	(cm3)	%	(g/cm3)	(g/cm3)	%
Laurel	LH1	18.41	1.97	1.936	10.086	3.814	478.590	38.467	15.423	0.468	0.479	
Laurel	LH2	17.77	2.000	1.858	10.136	3.716	471.786	37.665	14.867	0.454	0.472	
Laurel	LH3	18.23	1.996	1.962	10.096	3.916	461.082	39.537	15.234	0.450	0.461	15.134
Laurel	LH4	15.63	1.872	2.000	10.164	3.744	410.732	38.054	15.011	0.399	0.411	





## ESPECÍMENES HÚMEDOS

TIPO DE MADERA	CÓDIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Laurel	LH1	22.57	1.982	1.964	10.114	3.893	573.276	39.370
Laurel	LH2	21.22	2.044	1.882	10.164	3.847	542.725	39.099
Laurel	LH3	22.18	2.012	1.994	10.100	4.012	547.378	40.520
Laurel	LH4	19.51	1.892	2.032	10.198	3.845	497.620	39.207

## ESPECÍMENES ANHIDRO

TIPO DE MADERA	CÓDIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad anhidra (%)	Densidad anhidra (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad básica (promedio) (%)	Contenido de humedad anhidra (promedio) (%)
Laurel	LH1	15.95	1.872	1.898	10.078	3.553	445.435	35.808	15.423	0.445	0.415		
Laurel	LH2	15.47	1.932	1.828	10.132	3.532	432.326	35.783	14.867	0.432	0.411	0.396	15.134
Laurel	LH3	15.82	1.912	1.9	10.086	3.633	431.764	36.640	15.234	0.432	0.400		
Laurel	LH4	13.59	1.822	1.942	10.172	3.538	377.586	35.992	15.011	0.378	0.357		



## ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ESPECÍMENES DE MADERA DE PINO

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

Laboratorio: Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas

Fecha: Mayo-2016

Material: Madera

Proyecto de titulación: Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.

Realizado por: - Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.

Muestra: 1,2,3,4

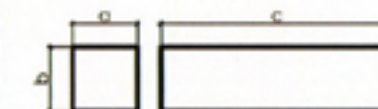
Descripción: Pinus Radiata

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Determinación de Contenido de Humedad

Solicitado por: Arq. Msc. Alex Serrano

Instrumento tipo: Horno Humbolt para secado de muestras, capacidad 198 l, circulación de aire a presión con ventilador controlador de temperatura, desde ambiente hasta 149 °C.



## ESPECÍMENES SECOS

TIPO DE MADERA	CODIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area inicial Ao (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad verde (%)	Peso específico básico (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad verde (promedio) (%)
Pino	PH1	24.64	2.048	2.046	10.014	4.190	587.216	41.961	41.071	0.548	0.587	
Pino	PH2	23.93	2.028	2.078	10.046	4.214	565.244	42.336	45.257	0.552	0.565	35.602
Pino	PH3	25.8	2.038	2.038	10.054	4.153	617.835	41.759	24.419	0.567	0.618	
Pino	PH4	24.32	2.042	2.034	10.088	4.153	580.433	41.900	31.661	0.533	0.580	





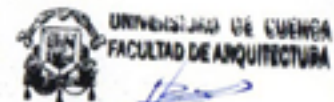


## ESPECÍMENES HÚMEDOS

TIPO DE MADERA	CÓDIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Pino	PH1	34.76	2.132	2.100	10.042	4.477	773.131	44.960
Pino	PH2	32.10	2.092	2.056	10.084	4.301	740.095	43.373
Pino	PH3	32.02	2.122	2.112	10.148	4.482	704.047	45.480
Pino	PH4	32.03	2.124	2.118	10.146	4.499	701.749	45.643

## ESPECÍMENES ANHIDRO

TIPO DE MADERA	CÓDIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad anhidra (%)	Densidad anhidra (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad básica (promedio) (%)	Contenido de humedad anhidra (promedio) (%)
Pino	PH1	21.37	2.012	1.972	10.022	3.968	537.422	39.764	15.302	0.537	0.915		
Pino	PH2	20.79	1.954	1.952	10.048	3.814	542.463	38.325	15.103	0.542	0.960	0.921	15.292
Pino	PH3	22.39	1.992	2.000	10.000	3.984	561.998	39.840	15.230	0.562	0.910		
Pino	PH4	21.05	1.992	2.000	10.100	3.984	523.132	40.238	15.534	0.523	0.901		



## ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ESPECIMENES DE MADERA DE EUCALIPTO

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

Laboratorio: Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas

Fecha: Mayo-2016

Material: Madera

Proyecto de titulación: Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.

Realizado por:  
- Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.

Muestra: 1,2,3,4

Descripción: Eucalyptus Globulus

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Determinación de Contenido de Humedad

Solicitado por: Arq. Msc. Alex Serrano

Instrumento tipo: Horno Humbolt para secado de muestras, capacidad 198 l, circulación de aire a presión con ventilador controlador de temperatura, desde ambiente hasta 149 °C.



## ESPECIMENES SECOS

TIPO DE MADERA	CODIGO	PESO W (g)	Dimensiones			Area inicial A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad verde (%)	Peso específico básico (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Contenido humedad verde promedio	Contenido de humedad anhidra (%)	promedio (%)
			a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)									
Eucalipto	EH1	31.81	2	1.992	10.054	3.984	794.155	40.055	10.751	0.771	0.794		10	
Eucalipto	EH2	32.26	1.972	1.994	10.094	3.932	812.772	39.691	11.965	0.770	0.813	12.618	11	11
Eucalipto	EH3	25.84	1.982	1.986	9.964	3.936	658.834	39.221	15.596	0.625	0.659		13	
Eucalipto	EH4	29.69	1.982	1.982	10.062	3.928	751.136	39.527	12.159	0.717	0.751		11	





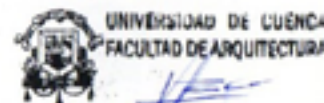


## ESPECÍMENES HÚMEDOS

TIPO DE MADERA	CÓDIGO	PESO W	a	b	Lo "c"	Area	PESO. VOLUMEN	Volumen
		(g)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )
Eucalipto	EH1	35.23	2.028	2.024	10.054	4.105	853.680	41.268
Eucalipto	EH2	36.12	2.034	2.032	10.14	4.133	861.857	41.910
Eucalipto	EH3	29.87	2.052	2.012	10.012	4.129	722.618	41.336
Eucalipto	EH4	33.3	2.032	2.042	9.984	4.149	803.823	41.427

## ESPECIMENES ANHIDRO

TIPO DE MADERA	CÓDIGO	PESO W	a	b	Lo "c"	Area	PESO. VOLUMEN	Volumen	Contenido de humedad anhidra	Densidad anhidra	Densidad básica	Densidad básica promedio	Contenido de humedad anhidra (promedio)
		(g)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )
Eucalipto	EH1	28.09	1.918	1.942	10.048	3.725	750.541	37.426	13.243	0.751	0.701		
Eucalipto	EH2	28.46	1.942	1.914	10.092	3.717	758.694	37.512	13.352	0.759	0.717	0.665	13.356
Eucalipto	EH3	22.67	1.9	1.932	9.972	3.671	619.311	36.605	13.983	0.619	0.578		
Eucalipto	EH4	26.31	1.922	1.932	10.062	3.713	704.168	37.363	12.847	0.704	0.666		



## CONCLUSIONES CONTENIDO DE HUMEDAD

Especies: Eucalipto, Pino y Laurel de la costa.

Estos valores comparados con la normativa aplicada del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC, presenta un rango de contenido de humedad de 13-19% que puede contener un elemento que va a ser utilizado como elemento estructural. Es decir las tres especies están dentro del rango permisible siendo el eucalipto el más óptimo como madera estructural.

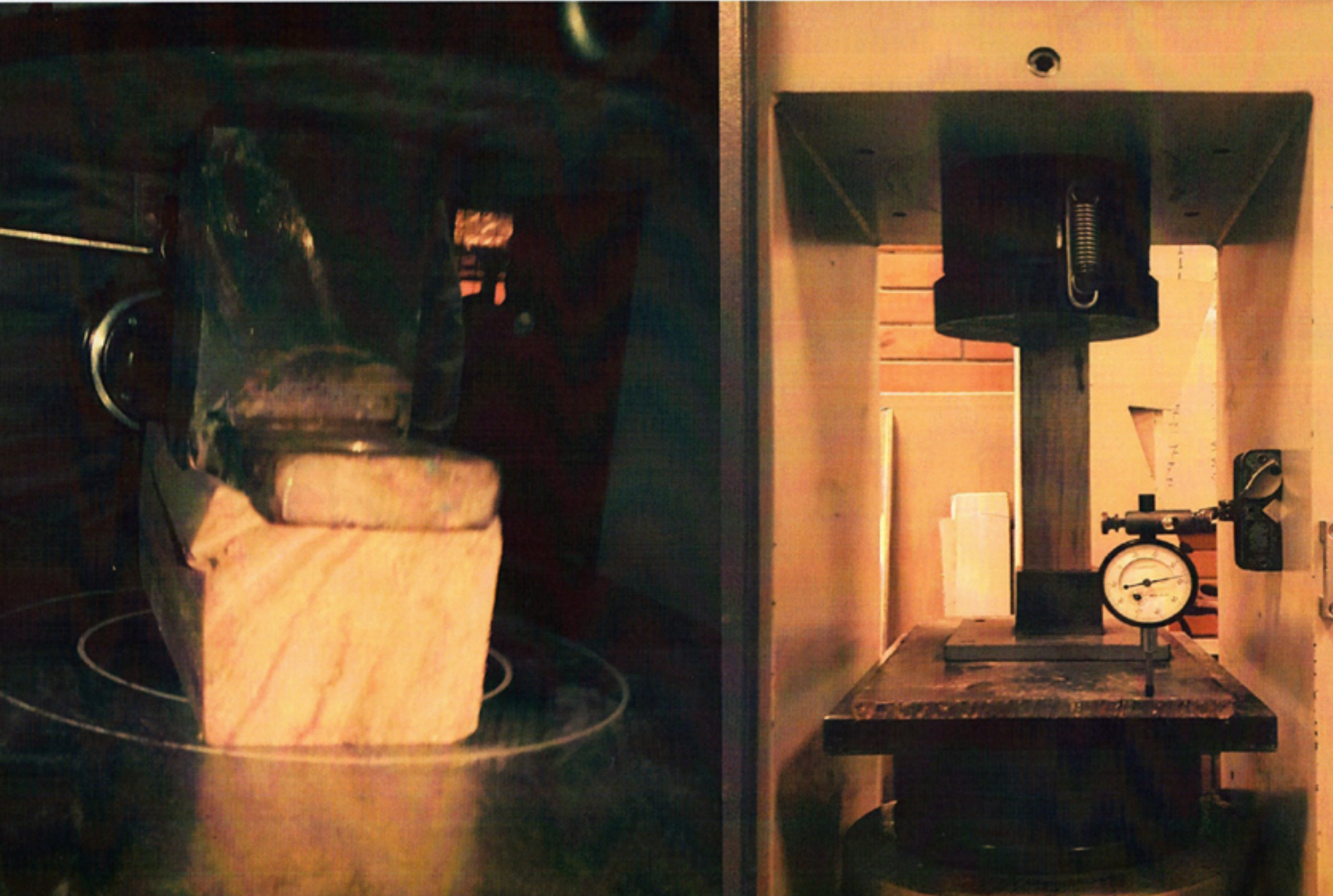
La especie eucalipto preseta inestabilidad dimensional ante la absorción de humedad. Al estar húmedo mejora sus condiciones de trabajabilidad, sin embargo, esta disminuye al perder agua pero mejora sus capacidades mecánicas. Su contenido de humedad promedio es de 13.35%.

El pino al ser una especie porosa y poco densa tiene una mejor trabajabilidad. Absorbe rápidamente agua y al perder humedad su estabilidad dimensional se mantiene bien sin mayor deformación. Mantiene un porcentaje promedio de humedad anhidra de 15.29%.

El laurel siendo la especie menos densa absorbe y desprende humedad con facilidad y presenta una muy buena trabajabilidad. El porcentaje promedio de humedad anhidra obtenido de las probetas de esta especie fue de 15.13%.







## ENSAYO A COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA DE MADERA DE LAUREL

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas

**Fecha:** Mayo-2016

**Material:** Madera

**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.

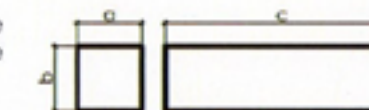
**Realizado por:**  
- Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.

**Muestra:** 1,2,3,4

**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alladora)

**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano

**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de compresión de especímenes de madera ACCU-TEC touch 350



**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Determinación de Compresion perpendicular a la fibra

GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:

TIPO DE MADERA	CODIFICACION	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area inicial Ao (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	lf "c" (cm)	TIPO DEFORMACIÓN
Laurel	CPL1	193.990	5.200	5.114	15.048	26.593	484.771	15.042	A
	CPL2	196.530	5.188	5.092	15.036	26.417	494.775	15.014	D
	CPL3	195.500	5.188	5.100	15.168	26.459	487.134	15.154	D
	CPL4	172.200	5.198	5.112	15.032	26.572	431.111	14.980	D

FOTOGRAFÍA DEL ESPECIMEN DEFORMADO:







Material: Madera

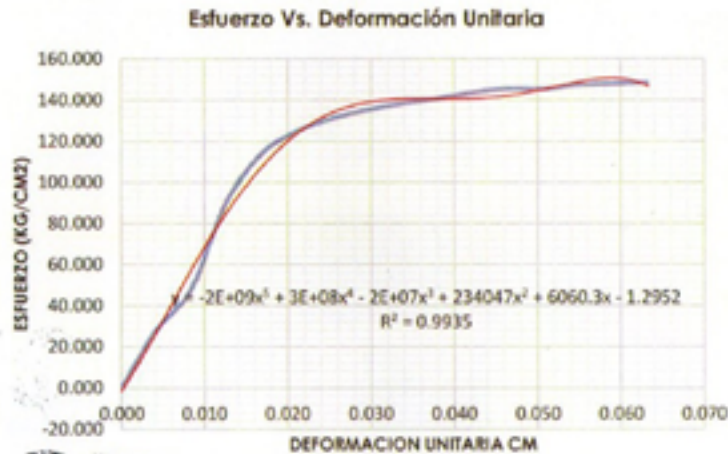
Descripción: Laurel de la Costa (Cordia aliadora)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Compresión perpendicular a la fibra

Muestra: LAUREL CPL1

Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	745.300	0.004	28.026		
2	0.127	1279.400	0.008	48.111		
3	0.191	2403.000	0.013	90.363		
4	0.254	3032.900	0.017	114.050		
5	0.318	3318.500	0.021	124.789		
6	0.381	3483.900	0.025	131.009		
7	0.445	3593.200	0.030	135.119	149.360	3946.50
8	0.508	3676.400	0.034	138.248		
9	0.572	3740.800	0.038	140.670		
10	0.635	3817.300	0.042	143.546		
11	0.699	3866.800	0.046	145.408		
12	0.762	3863.800	0.051	145.295		
13	0.826	3912.900	0.055	147.141		
14	0.889	3930.600	0.059	147.807		
15	0.953	3946.500	0.063	148.405		



Univ. de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

Material: Madera

Descripción: Laurel de la Costa (Cordia aliadora)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Compresión perpendicular a la fibra

Muestra: LAUREL CPL2

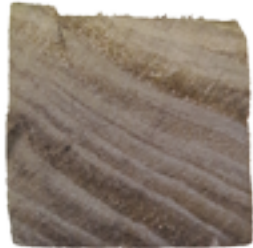
Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	1876.4	0.004	71.029		
2	0.127	2467.5	0.008	93.405		
3	0.191	2627.6	0.013	99.465		
4	0.254	2774.1	0.017	105.011		
5	0.318	2885.2	0.021	109.216		
6	0.381	2975.1	0.025	112.619		
7	0.445	3053.9	0.030	115.602	180.802	4741.3
8	0.508	3144.2	0.034	119.021		
9	0.572	3243.7	0.038	122.787		
10	0.635	3336.8	0.042	126.311		
11	0.699	3418.2	0.046	129.393		
12	0.762	3485.0	0.051	131.921		
13	0.826	3566.6	0.055	135.010		
14	0.889	3660.2	0.059	138.553		
15	0.953	3739.3	0.063	141.547		

↓ Continua

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

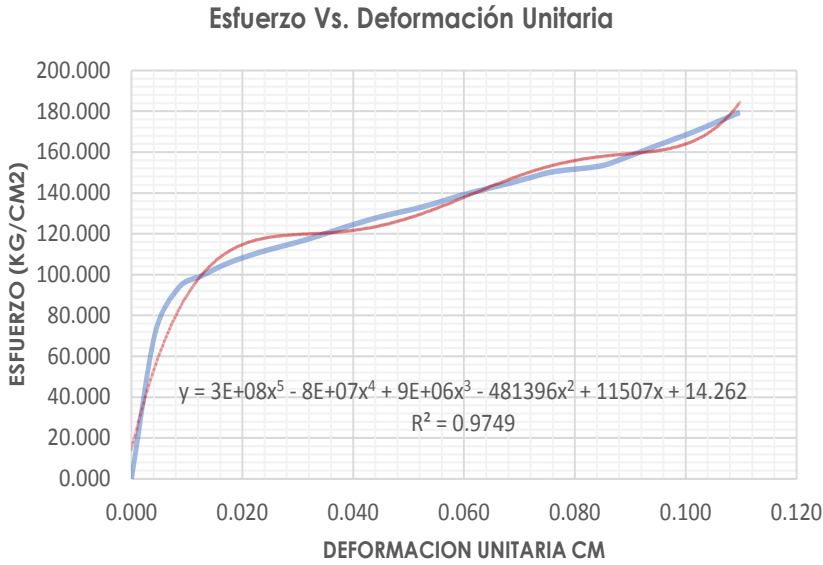






Muestra: LAUREL CPL2

Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
16	1.016	3813.3	0.068	144.349	180.802	4741.3
17	1.080	3893.3	0.072	147.377		
18	1.143	3971.8	0.076	150.348		
19	1.270	4045.9	0.084	153.153		
20	1.334	4144.1	0.089	156.871		
21	1.397	4260.1	0.093	161.262		
22	1.461	4374.1	0.097	165.577		
23	1.524	4486.7	0.101	169.839		
24	1.588	4614.9	0.106	174.692		
25	1.651	4741.3	0.110	179.477		



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.



Material: Madera

Descripción: Laurel de la Costa (Cordia alladora)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

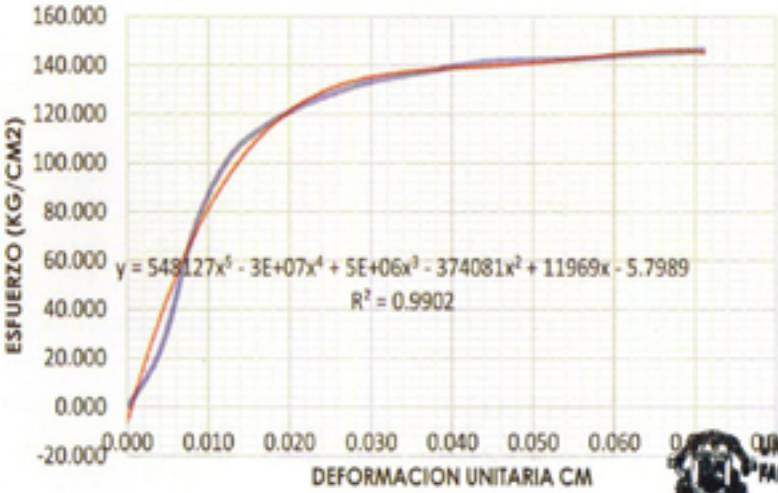
Ensayo de: Compresión perpendicular a la fibra

Muestra: LAUREL CPL3

Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000	146.492	3865.9
1	0.064	649.6	0.004	24.590		
2	0.127	1954.6	0.008	73.989		
3	0.191	2697.2	0.013	102.100		
4	0.254	3024.3	0.017	114.482		
5	0.318	3234.7	0.021	122.446		
6	0.381	3382.3	0.025	128.034		
7	0.445	3503.1	0.029	132.606		
8	0.508	3579.6	0.033	135.502		
9	0.572	3646.0	0.038	138.016		
10	0.635	3711.4	0.042	140.491		
11	0.699	3748.7	0.046	141.903		
12	0.762	3758.3	0.050	142.267		
13	0.826	3766.5	0.054	142.577		
14	0.889	3787.9	0.059	143.387		
15	0.953	3816.4	0.063	144.466		
16	1.016	3838.6	0.067	145.306		
17	1.080	3865.9	0.071	146.340		

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

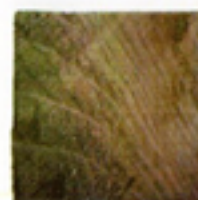
Esfuerzo Vs. Deformación Unitaria



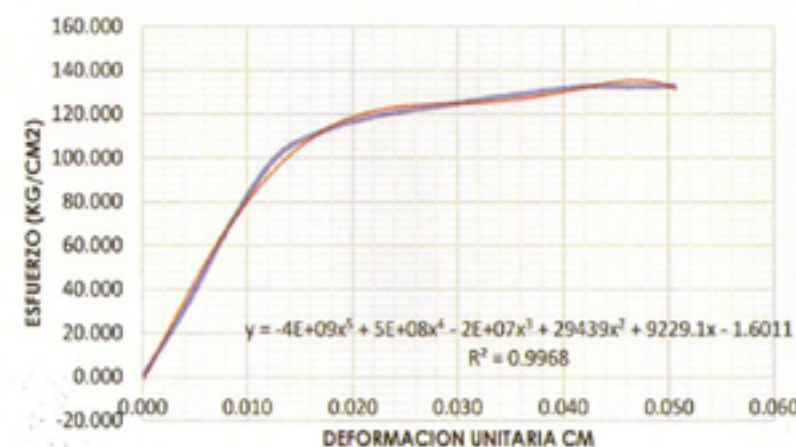
UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA





**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión perpendicular a la fibra**Muestra:** LAUREL CPL4

Esfuerzo Vs. Deformación Unitaria



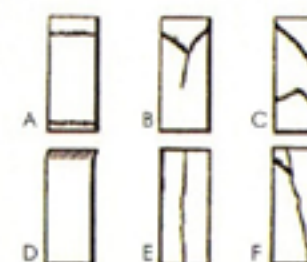
Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (e)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm²)	(Kg/cm²)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	869.3	0.004	32.715		
2	0.127	1860.9	0.008	70.032		
3	0.191	2660.8	0.013	100.135		
4	0.254	2969.8	0.017	111.764		
5	0.318	3131.6	0.021	117.853		
6	0.381	3231.7	0.025	121.620	133.3650658	3527.4
7	0.445	3309.8	0.030	124.559		
8	0.508	3392.6	0.034	127.675		
9	0.572	3463.9	0.038	130.358		
10	0.635	3521.3	0.042	132.518		
11	0.699	3520.6	0.046	132.492		
12	0.762	3527.4	0.051	132.748		

**ENSAYO A COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA DE MADERA DE PINO**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas**Fecha:** Mayo-2016**Material:** Madera**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.**Realizado por:**  
- Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.**Muestra:** 1,2,3,4**Descripción:** Pino radiata (Pinus insignis)  
**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Determinación de Compresión perpendicular a la fibra**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de compresión de especímenes de madera ACCU-TEC touch 350

GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:



TIPO DE MADERA	CODIFICACION	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area inicial Ao (cm²)	PESO. VOLUMEN (kg/cm³)	lf "c" (cm)	TIPO DE DEFORMACION
Pino	CPP1	204.690	5.031	5.042	15.146	25.366	532.772	15.134	D
	CPP2	196.210	4.979	5.000	15.168	24.895	519.614	15.172	A
	CPP3	197.420	5.051	5.000	15.154	25.255	515.842	15.244	D
	CPP4	216.300	5.009	5.000	15.012	25.045	575.303	15.082	D

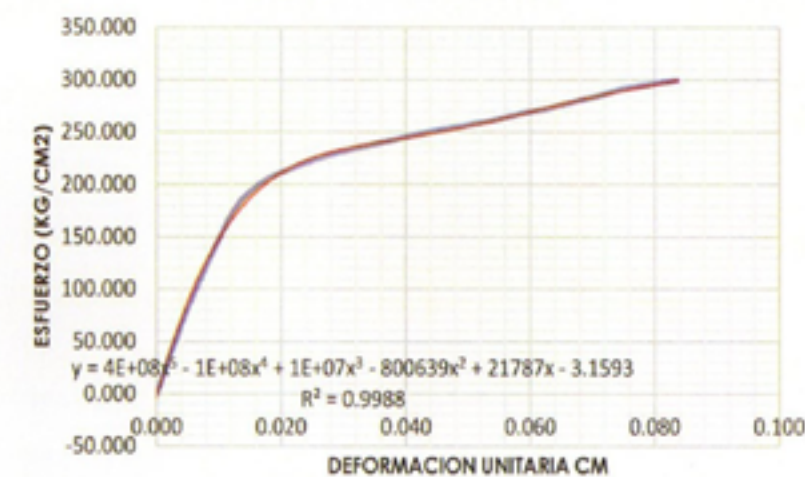


**Material:** Madera**Descripción:** Pino radiata (Pinus insignis)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión perpendicular a la fibra**Muestra:** PINO CPP1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	1770.700	0.004	69.805		
2	0.127	3227.100	0.008	127.220		
3	0.191	4488.800	0.013	176.959		
4	0.254	5099.800	0.017	201.046		
5	0.318	5419.300	0.021	213.642		
6	0.381	5660.700	0.025	223.158	301.459	7602.7
7	0.445	5851.300	0.029	230.672		
↓ Continúa						

**Muestra:** PINO CPP1

No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
8	0.508	5996.2	0.034	236.384		
9	0.572	6138.6	0.038	241.998		
10	0.635	6284.5	0.042	247.750		
11	0.699	6410.9	0.046	252.733		
12	0.762	6517.9	0.050	256.951		
13	0.826	6643.4	0.055	261.899		
14	0.889	6795.3	0.059	267.887		
15	0.953	6916.9	0.063	272.681	301.459	7602.7
16	1.016	7082.1	0.067	279.193		
17	1.080	7233.0	0.071	285.142		
18	1.143	7407.4	0.075	292.017		
19	1.270	7602.7	0.084	299.717		

**Esfuerzo Vs. Deformación Unitaria**





**Material:** Madera

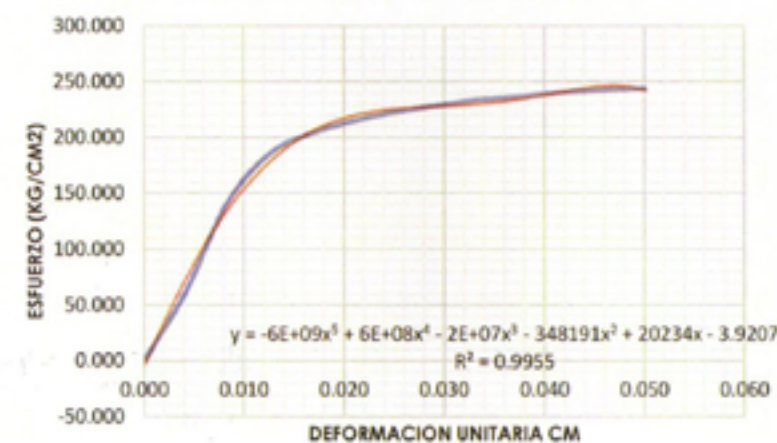
**Descripción:** Pino radiata (Pinus insignis)

**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Compresión perpendicular a la fibra

**Muestra:** PINO CPP2

**Esfuerzo Vs. Deformación Unitaria**



Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm²)	(Kg/cm²)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	1543.6	0.004	62.004		
2	0.127	3516.4	0.008	141.249		
3	0.191	4613.3	0.013	185.310		
4	0.254	5070.3	0.017	203.667		
5	0.318	5341.2	0.021	214.549	243.900	6065.7
6	0.381	5542.6	0.025	222.639		
7	0.445	5688.2	0.029	228.488		
8	0.508	5813.7	0.033	233.529		
9	0.572	5888.3	0.038	236.525		
10	0.635	5982.8	0.042	240.321		
11	0.699	6037.7	0.046	242.527		
12	0.762	6065.7	0.050	243.651		

**Material:** Madera

**Descripción:** Pino radiata (Pinus insignis)

**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Compresión perpendicular a la fibra

**Muestra:** PINO CPP3

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm²)	(Kg/cm²)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	331.0	0.004	13.106		
2	0.127	1880.4	0.008	74.457		
3	0.191	3412.8	0.013	135.134		
4	0.254	4095.2	0.017	162.154		
5	0.318	4374.4	0.021	173.209		
6	0.381	4505.9	0.025	178.416	257.157	6347.3
7	0.445	4596.4	0.029	182.000		
8	0.508	4675.9	0.034	185.147		
9	0.572	4766.8	0.038	188.747		
10	0.635	4853.3	0.042	192.172		
11	0.699	4955.7	0.046	196.226		
12	0.762	5063.0	0.050	200.475		
13	0.826	5147.3	0.054	203.813		
14	0.889	5236.9	0.059	207.361		

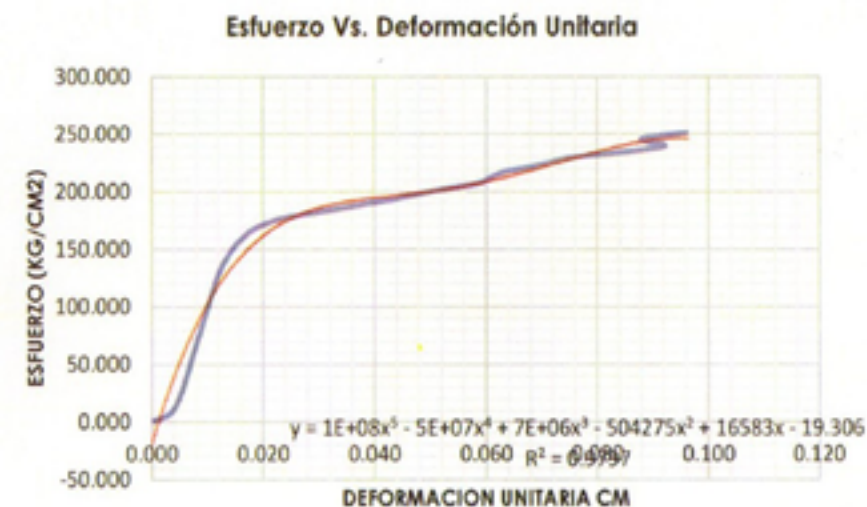
↓ Continúa





Muestra: PINO CPP3

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
15	0.953	5472.2	0.063	216.678	257.157	6347.3
16	1.016	5560.9	0.067	220.190		
17	1.080	5676.2	0.071	224.755		
18	1.143	5796.9	0.075	229.535		
19	1.270	5906.5	0.084	233.874		
20	1.397	6048.5	0.092	239.497		
21	1.334	6200.6	0.088	245.520		
22	1.461	6347.3	0.096	251.328		



Material: Madera

Descripción: Pino radiata (Pinus insignis)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Compresión perpendicular a la fibra

Muestra: PINO CPP4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000	259.313	7348.3
1	0.064	436.3	0.004	17.421		
2	0.127	2592.0	0.008	103.494		
3	0.191	4730.7	0.013	188.888		
4	0.254	5583.5	0.017	222.939		
5	0.318	5889.4	0.021	235.153		
6	0.381	6111.6	0.025	244.025		
7	0.445	6245.6	0.030	249.375		
8	0.508	6346.5	0.034	253.404		
9	0.572	6460.2	0.038	257.944		
10	0.635	6544.8	0.042	261.322		
11	0.699	6652.1	0.047	265.606		
12	0.762	6738.3	0.051	269.048		
13	0.826	6853.6	0.055	273.651		
14	0.889	6935.9	0.059	276.938		

↓ Continúa

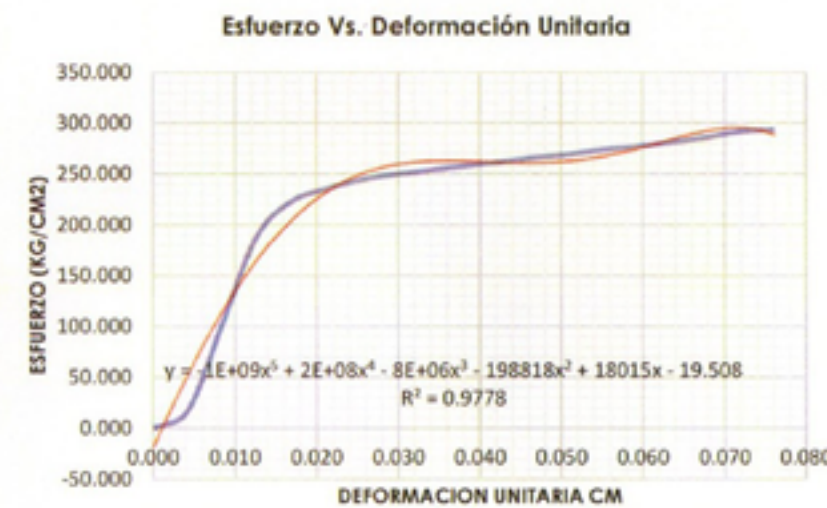






Muestra: PINO CPP4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
15	0.953	7038.1	0.063	281.018		
16	1.016	7151.0	0.068	285.526		
17	1.080	7305.7	0.072	291.703	259.313	7348.3
18	1.143	7348.3	0.076	293.404		



## ENSAYO A COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA DE MADERA DE EUCALIPTO

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas

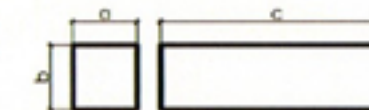
**Fecha:** Mayo-2016

**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.

**Realizado por:** - Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.

**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano

**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de compresión de especímenes de madera ACCU-TEC touch 350



**Material:** Madera

**Muestra:** 1,2,3,4

**Descripción:** Eucalyptus glubulus

**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Determinación de Compresion perpendicular a la fibra

GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:

TIPO DE MADERA	CODIFICACION	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area inicial Ao (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	U "c" (cm)	TIPO DE DEFORMACION
Eucalipto	CPE1	279.270	4.962	4.968	15.066	24.651	751.948	15.046	E
	CPE2	289.920	4.942	4.974	15.076	24.582	782.318	15.066	F
	CPE3	312.730	4.966	4.982	15.112	24.741	836.445	15.046	E
	CPE4	279.670	4.962	4.968	15.000	24.651	756.339	14.994	E





**Material:** Madera

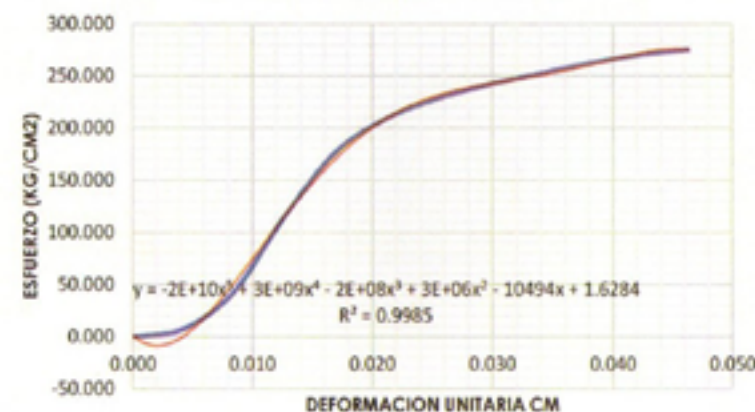
**Descripción:** Eucalyptus glubulus

**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Compresión perpendicular a la fibra

**Muestra:** EUCALIPTO CPE1

**Esfuerzo Vs. Deformación Unitaria**



Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	183.5	0.004	7.444		
2	0.127	1041.8	0.008	42.262		
3	0.191	2827.5	0.013	114.700		
4	0.254	4345.2	0.017	176.267		
5	0.318	5140.8	0.021	208.541	276.335	6791.2
6	0.381	5610.3	0.025	227.587		
7	0.445	5941.1	0.030	241.006		
8	0.508	6202.5	0.034	251.610		
9	0.572	6458.7	0.038	262.003		
10	0.635	6654.0	0.042	269.926		
11	0.699	6791.2	0.046	275.491		

**Material:** Madera

**Descripción:** Eucalyptus glubulus

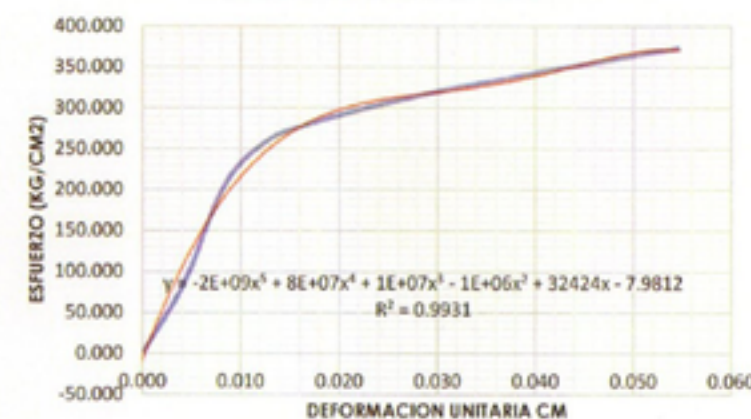
**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Compresión perpendicular a la fibra

**Muestra:** EUCALIPTO CPE2

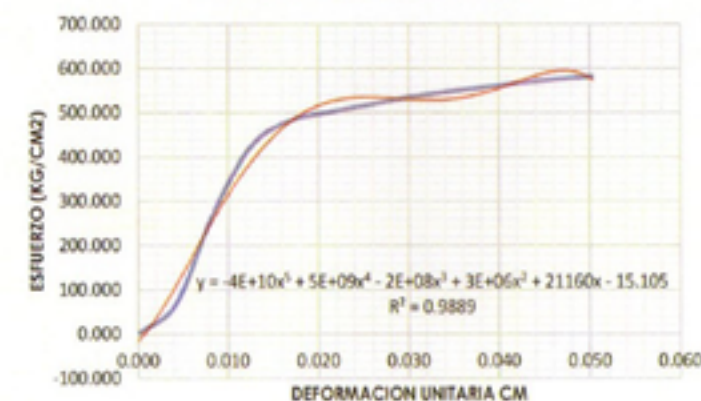


**Esfuerzo Vs. Deformación Unitaria**



Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	2105.4	0.004	85.650		
2	0.127	5069.2	0.008	206.220		
3	0.191	6369.8	0.013	259.130		
4	0.254	6874.2	0.017	279.649		
5	0.318	7233.1	0.021	294.250		
6	0.381	7548.5	0.025	307.060	277.119	9173.4
7	0.445	7831.5	0.029	318.593		
8	0.508	8075.4	0.034	328.515		
9	0.572	8297.3	0.038	337.542		
10	0.635	8534.2	0.042	347.180		
11	0.699	8744.9	0.046	355.751		
12	0.762	8974.5	0.051	365.092		
13	0.826	9173.4	0.055	373.183		

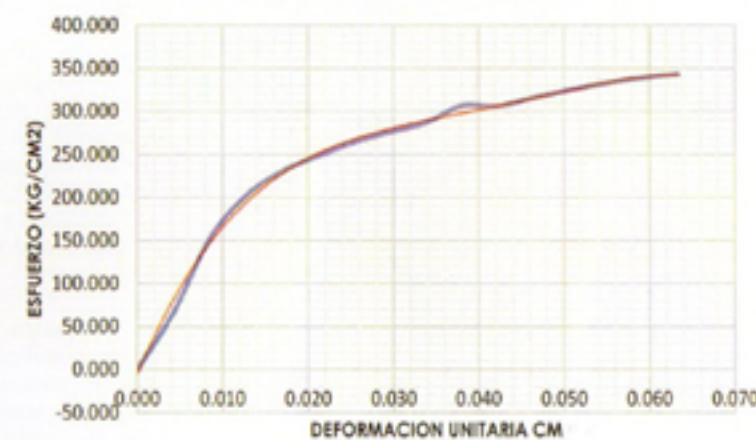


**Material:** Madera**Descripción:** Eucalyptus glubulus**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión perpendicular a la fibra**Muestra:** EUCALIPTO CPE3**Esfuerzo Vs. Deformación Unitaria**

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (t)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	1693.2	0.004	68.438		
2	0.127	6750.5	0.008	272.851		
3	0.191	10525.9	0.013	425.450		
4	0.254	11912.9	0.017	481.512		
5	0.318	12374.8	0.021	500.182		
6	0.381	12774.3	0.025	516.329	584.007	14378.6
7	0.445	13176.3	0.029	532.578		
8	0.508	13488.9	0.034	545.213		
9	0.572	13742.7	0.038	555.471		
10	0.635	14005.0	0.042	566.073		
11	0.699	14219.6	0.046	574.747		
12	0.762	14378.6	0.050	581.174		

**Material:** Madera**Descripción:** Eucalyptus glubulus**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión perpendicular a la fibra**Muestra:** EUCALIPTO CPE4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (t)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	1629.8	0.004	66.114		
2	0.127	3719.9	0.008	150.901		
3	0.191	4969.2	0.013	201.580		
4	0.254	5670.7	0.017	230.037		
5	0.318	6113.4	0.021	247.996		
6	0.381	6512.1	0.025	264.170		
7	0.445	6807.8	0.030	276.165	343.427	8464.6
8	0.508	7072.9	0.034	286.919		
9	0.572	7556.6	0.038	306.541		
10	0.635	7545.3	0.042	306.082		
11	0.699	7784.8	0.047	315.798		
12	0.762	8005.4	0.051	324.747		
13	0.826	8198.5	0.055	332.580		
14	0.889	8360.4	0.059	339.148		
15	0.953	8464.6	0.064	343.375		

**Esfuerzo Vs. Deformación Unitaria**





## CONCLUSIONES COMPRESIÓN PERPENDICULAR

Especies: Eucalipto, Pino y Laurel de la costa.

Los resultados obtenidos de las pruebas a compresión perpendicular a las fibras se obtiene que:

El eucalipto presentó principalmente las fallas en los anillos de crecimiento de las muestras, presentándose importantes divisiones o rajaduras entre ellos. Se produjeron deslizamientos muy notorios en el sentido de los anillos de crecimiento pero en ningún caso hubo desprendimiento total de sus partes. La proporción esfuerzo deformación fue casi regular en todos los casos, en ciertos puntos hubo una mínima resistencia a la compresión, esto puede ser debido a la acomodación de las fibras o la presencia de fibras más resistentes en cierta sección de las piezas.

En las probetas de pino, la deformación en todas las muestras no fue proporcional, sus caras quedaron deformadas irregularmente por la compresión pero no se presentaron rajaduras importantes o desprendimiento de sus partes. La proporción esfuerzo-deformación fue regular en todos los casos.

En las muestras de laurel de la costa se pudo observar un comportamiento proporcional en la deformación de su cara sometida a compresión, es decir, en ningún punto hubo una mayor resistencia a este esfuerzo, siempre fue proporcional en todos los casos. No se presentaron cortes o rajaduras importantes en las piezas, más bien las fibras al quedar comprimidas se acomodaron en una menor sección.

Se obtienen resultados promedios de las cuatro probetas obteniendo que: El eucalipto presenta un módulo de ruptura (MOR) promedio de 292kg/cm<sup>2</sup>, el Pino 153kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el Laurel de la Costa 265kg/cm<sup>2</sup>.

Al comparar con la norma que nos rige actualmente, Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC, nos presenta valores en un rango de 15 a 40 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo para el módulo de ruptura; lo que se concluye que las tres especies ensayadas sobrepasan los valores mínimos con una relación aproximada de 1 a 7 veces con mejor comportamiento ante esfuerzos a compresión perpendicular de lo que la norma permite para elementos estructurales.

## ENSAYO A COMPRESION PARALELA A LA FIBRA DE MADERA DE LAUREL

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas

**Fecha:** Mayo-2016

**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.

**Realizado por:**  
- Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.

**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano

**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de compresión de especímenes de madera ACCU-TEC touch 350



**Material:** Madera

**Muestra:** 1,2,3,4

**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alladora)

**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Determinación de Compresion paralela a la fibra

GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:

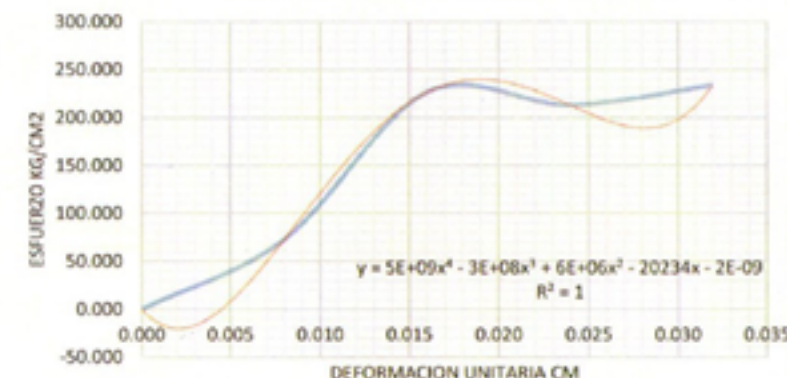
TIPO DE MADERA	CODIFICACION	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area inicial Ao (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	L "c" (cm)	TIPO DE DEFORMACION
Laurel	P1 CPL1	040	5.054	5.196	20.194	26.261	488.472	20.029	D
	P2 CPL2	730	5.172	5.000	20.000	25.860	500.251	19.992	B
	P3 CPL3	660	5.176	5.094	19.862	26.367	505.373	19.500	D
	P4 CPL4	530	5.054	5.212	19.942	26.341	484.541	19.616	B





**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alladora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** LAUREL CPL1

Esfuerzo vs Deformación unitaria



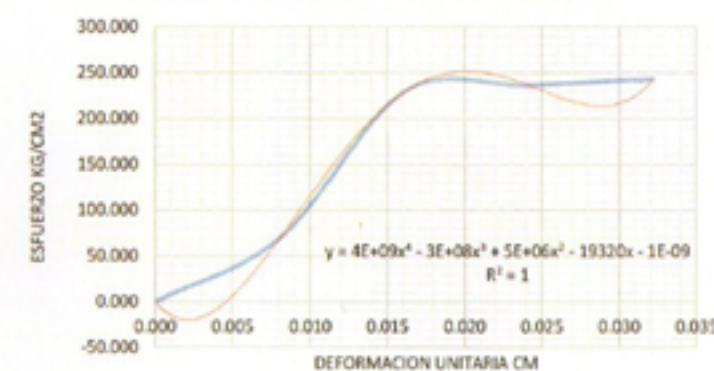
Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Deformación unitaria (t)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.00	0.000	0.000		
1	0.161	1902.00	0.008	72.428		
2	0.323	5943.20	0.016	226.316	233.479	6131.30
3	0.484	5594.00	0.024	213.019		
4	0.645	6131.30	0.032	233.479		



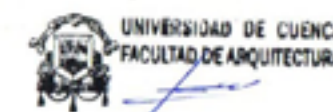
Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alladora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** LAUREL CPL2

Esfuerzo vs Deformación unitaria



Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Deformación unitaria (t)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.00	0.000	0.000		
1	0.161	1791.40	0.008	69.273		
2	0.323	5938.60	0.016	229.644	243.101	6286.60
3	0.484	6104.30	0.024	236.052		
4	0.645	6286.60	0.032	243.101		

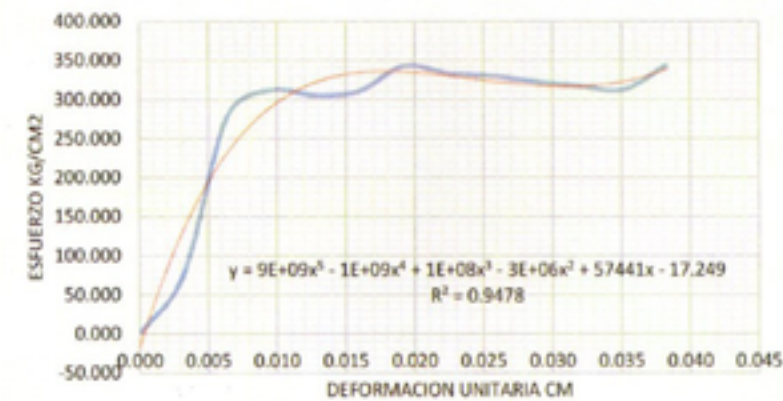


Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.



**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** LAUREL CPL3

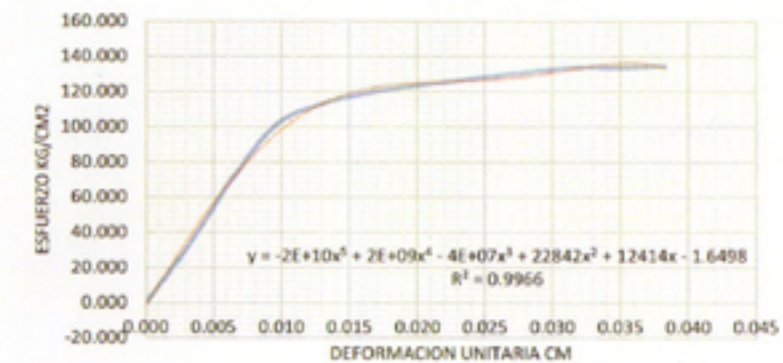
Esfuerzo vs Deformación unitaria



Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	2027.2	0.003	76.885		
2	0.127	7338.8	0.006	278.338		
3	0.191	8219.3	0.010	311.732		
4	0.254	8037.1	0.013	304.822		
5	0.318	8186.1	0.016	310.473		
6	0.381	9030.7	0.019	342.506	344.038	9071.10
7	0.445	8783.9	0.022	333.146		
8	0.508	8696.6	0.026	329.835		
9	0.572	8499.3	0.029	322.352		
10	0.635	8353.2	0.032	316.811		
11	0.699	8228.2	0.035	312.070		
12	0.762	9071.1	0.038	344.038		

**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** LAUREL CPL4

Esfuerzo vs Deformación unitaria



Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.064	849.3	0.003	33.001		
2	0.127	1860.9	0.006	70.645		
3	0.191	2660.8	0.010	101.012		
4	0.254	2962.6	0.013	112.469		
5	0.318	3124.8	0.016	118.627		
6	0.381	3231.6	0.019	122.681	134.533	3543.80
7	0.445	3309.8	0.022	125.650		
8	0.508	3392.6	0.026	128.793		
9	0.572	3463.9	0.029	131.500		
10	0.635	3520.6	0.032	133.652		
11	0.699	3519.2	0.035	133.599		
12	0.762	3543.8	0.038	134.533		



**ENSAYO A COMPRESION PARALELA A LA FIBRA DE MADERA DE PINO**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

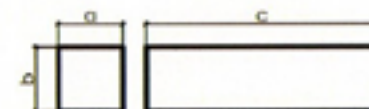
**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas**Fecha:** Mayo-2016**Material:** Madera**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.**Realizado por:** - Ismael Carpio, Gabriela Ordoñez.**Muestra:** 1,2,3,4**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano**Descripción:** Pino (Pinus Radiata)**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de compresión de especímenes de madera ACCU-TEC touch 350**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Determinación de Compresion paralela a la fibra

GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:

TIPO DE MADERA	CODIFICACION	PESO W	a	b	Lo "c"	Area Inicial Ao	PESO. VOLUMEN	lf "c"	TIPO DE DEFORMACION
		(g)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>3</sup> )	(cm)	
Pino	CP.P1	272.700	5.048	4.582	20.198	23.130	583.717	19.242	D
	CP.P2	277.870	5.000	4.632	20.164	23.160	595.013	19.894	D
	CP.P3	274.200	5.014	4.592	20.000	23.024	595.458	19.768	B
	CP.P4	270.440	5.042	4.586	20.078	23.123	582.524	19.814	C



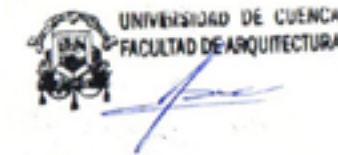
Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

**Material:** Madera**Descripción:** Pino (Pinus Radiata)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** PINO CP.P1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
0	0.000	0.00	0.000	0.000		
1	0.161	1721.00	0.008	74.406		
2	0.323	6439.00	0.016	278.384		
3	0.484	7392.40	0.024	319.603		
4	0.645	6944.00	0.032	300.217		
5	0.806	6794.00	0.040	293.732		
6	0.968	6767.00	0.048	292.565		
7	1.129	6777.00	0.056	292.997		
8	1.290	6842.00	0.064	295.807		
9	1.452	6856.00	0.072	296.412		
10	1.613	6888.30	0.080	297.809		
11	1.774	6884.60	0.088	297.649		
12	1.935	6904.10	0.096	298.492	319.694	7394.50
13	2.097	6861.00	0.104	296.629		
14	2.258	6911.00	0.112	298.790		

↓ Continúa

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.





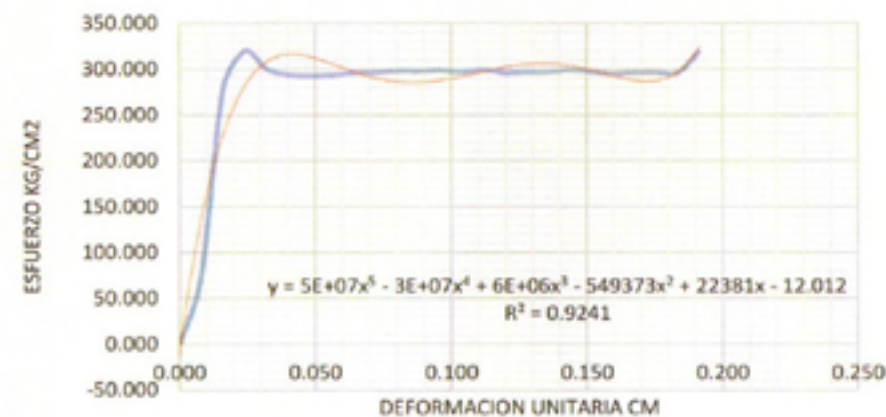


Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

Muestra: PINO CP.P1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
15	2.419	6846.00	0.120	295.980		
16	2.581	6858.70	0.128	296.529		
17	2.742	6857.90	0.136	296.495		
18	2.903	6907.20	0.144	298.626		
19	3.065	6864.60	0.152	296.784	319.694	7394.50
20	3.226	6822.20	0.160	294.951		
21	3.387	6852.70	0.168	296.270		
22	3.548	6854.00	0.176	296.326		
23	3.710	6849.40	0.184	296.127		
24	3.871	7394.50	0.192	319.694		

Esfuerzo vs Deformacion unitaria



Material: Madera

Descripción: Pino (Pinus Radiata)

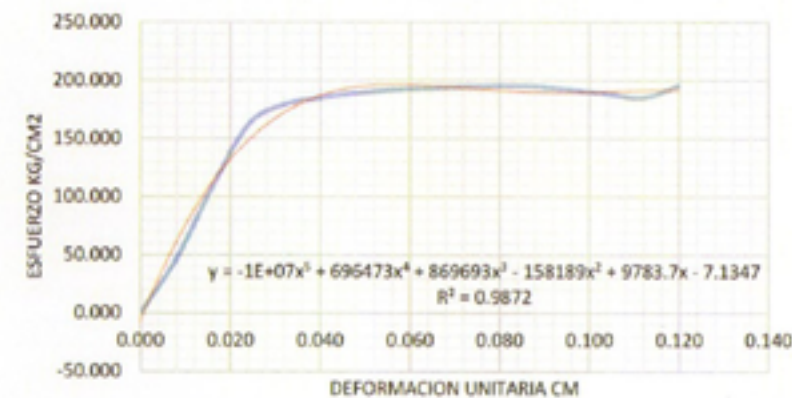
Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Compresión paralela a la fibra

Muestra: PINO CP.P2

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/L0 (cm/cm)	P/A0 (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.161	1086.2	0.008	46.900		
2	0.323	2522.8	0.016	108.929		
3	0.484	3758.3	0.024	162.275		
4	0.645	4151.2	0.032	179.240		
5	0.806	4284.2	0.040	184.983		
6	0.968	4378.5	0.048	189.054		
7	1.129	4439.0	0.056	191.667		
8	1.290	4475.1	0.064	193.225	195.574	4529.5
9	1.452	4504.8	0.072	194.508		
10	1.613	4519.8	0.080	195.155		
11	1.774	4514.2	0.088	194.914		
12	1.935	4439.3	0.096	191.680		
13	2.097	4365.6	0.104	188.497		
14	2.258	4287.1	0.112	185.108		
15	2.419	4529.5	0.120	195.574		

Esfuerzo vs Deformacion unitaria



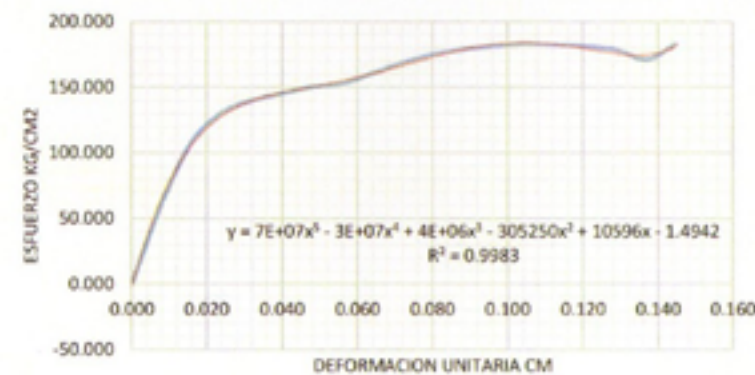
Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.



**Material:** Madera**Descripción:** Pino (Pinus Radiata)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** PINO CP.P3

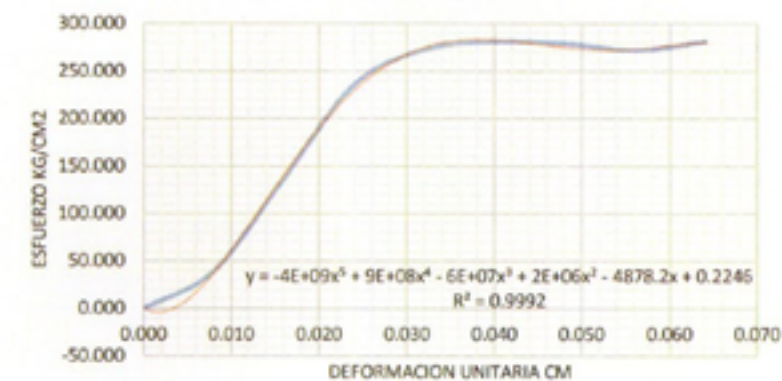
Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/L <sub>0</sub> (cm/cm)	P/A <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.161	1425.4	0.008	61.909		
2	0.323	2503.5	0.016	108.733		
3	0.484	3010.2	0.024	130.740		
4	0.645	3224.5	0.032	140.048		
5	0.806	3349.8	0.040	145.490		
6	0.968	3464.3	0.048	150.463		
7	1.129	3528.8	0.056	153.264		
8	1.290	3707.0	0.065	161.004		
9	1.452	3890.5	0.073	168.974	183.398	4222.60
10	1.613	4032.7	0.081	175.150		
11	1.774	4122.1	0.089	179.033		
12	1.935	4182.0	0.097	181.634		
13	2.097	4215.9	0.105	183.107		
14	2.258	4200.0	0.113	182.416		
15	2.419	4172.0	0.121	181.200		
16	2.581	4105.0	0.129	178.290		
17	2.742	3942.0	0.137	171.211		
18	2.903	4222.6	0.145	183.398		

Esfuerzo vs Deformación unitaria

**Material:** Madera**Descripción:** Pino (Pinus Radiata)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** PINO CP.P4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/L <sub>0</sub> (cm/cm)	P/A <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.161	908.0	0.008	39.269		
2	0.323	3180.2	0.016	137.536		
3	0.484	5465.9	0.024	236.388		
4	0.645	6308.9	0.032	272.845	281.266	6503.60
5	0.806	6492.8	0.040	280.799		
6	0.968	6446.4	0.048	278.792		
7	1.129	6285.0	0.056	271.812		
8	1.290	6503.6	0.064	281.266		

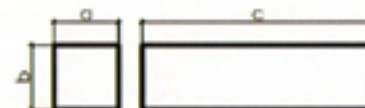
Esfuerzo vs Deformación unitaria





**ENSAYO A COMPRESION PARALELA A LA FIBRA DE MADERA DE EUCALIPTO**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas **Fecha:** Mayo-2016**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social. **Realizado por:** - Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de compresión de especímenes de madera ACCU-TEC touch 350**Material:** Madera**Muestra:** 1,2,3,4**Descripción:** Eucalipto (eucalyptus Glubulus)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Determinación de compresión paralela a la fibra**GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:****TIPO DE MADERA****CODIFICACION****PESO W****a****b****Lo "c"****Area inicial Ao****PESO. VOLUMEN****U "c"****TIPO DE DEFORMACION****(g)****(cm)****(cm)****(cm)****(cm2)****(kg/cm3)****(cm)**

CP.E1

342.44

4.94

4.91

20.03

24.26

704.99

19.88

A

CP.E2

365.47

4.98

4.96

20.98

24.67

706.16

19.70

B

CP.E3

421.14

4.96

4.95

20.06

24.57

854.48

19.96

D

CP.E4

322.36

4.92

4.94

20.00

24.33

662.36

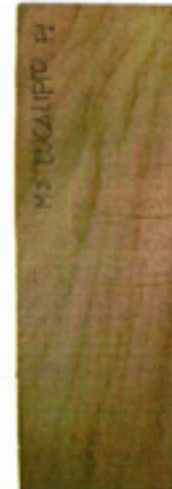
19.81

A

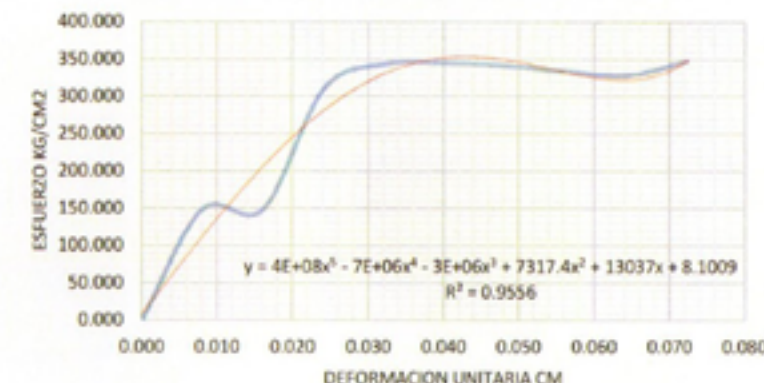
Eucalipto



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

**Material:** Madera**Descripción:** Eucalipto (Eucalyptus Glubulus)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** EUCALIPTO EP. E1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm2)	(Kg/cm2)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.161	3595.5	0.008	148.235		
2	0.323	3595.5	0.016	148.235		
3	0.484	7525.7	0.024	310.270		
4	0.645	8334.9	0.032	343.632		
5	0.806	8366.8	0.040	344.947	347.78	8.435.40
6	0.968	8275.3	0.048	341.174		
7	1.129	8084.4	0.056	333.304		
8	1.290	7954.7	0.064	327.957		
9	1.452	8435.4	0.073	347.775		

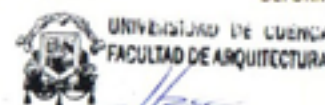
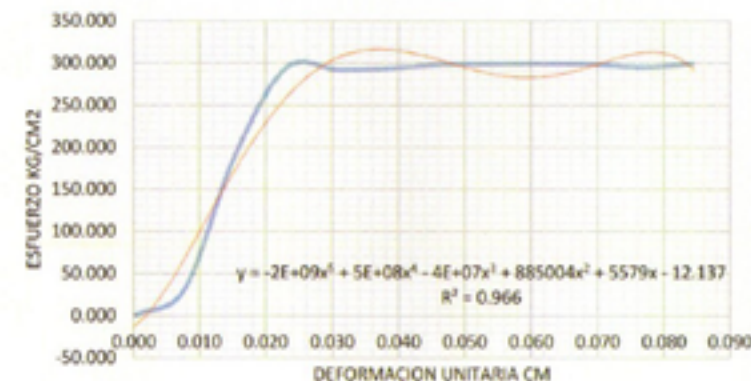
**Esfuerzo vs Deformación unitaria**

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.



**Material:** Madera**Descripción:** Eucalipto (*Eucalyptus Glubulus*)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** EUCALIPTO CP.E2

Esfuerzo vs Deformación unitaria

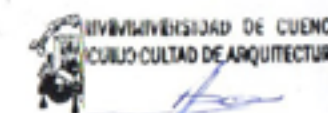
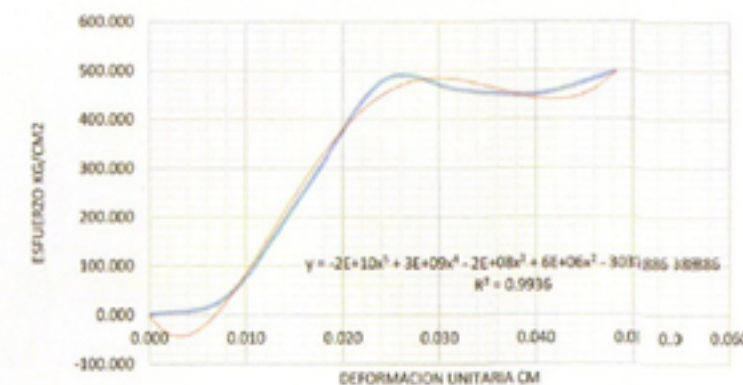


Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/L <sub>0</sub> (cm/cm)	P/A <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.161	766.9	0.008	31.085		
2	0.323	4708.7	0.015	190.860		
3	0.484	7259.9	0.023	294.268		
4	0.645	7200.4	0.031	291.857		
5	0.806	7230.8	0.038	293.089		
6	0.968	7342.6	0.046	297.621	299.05	7,377.80
7	1.129	7359.3	0.054	298.297		
8	1.290	7374.6	0.061	298.918		
9	1.452	7357.8	0.069	298.237		
10	1.613	7267.1	0.077	294.560		
11	1.774	7377.8	0.085	299.047		

**Material:** Madera**Descripción:** Eucalipto (*Eucalyptus Glubulus*)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** EUCALIPTO CP.E3

Esfuerzo vs Deformación unitaria

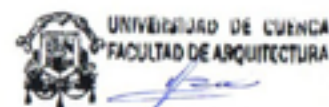
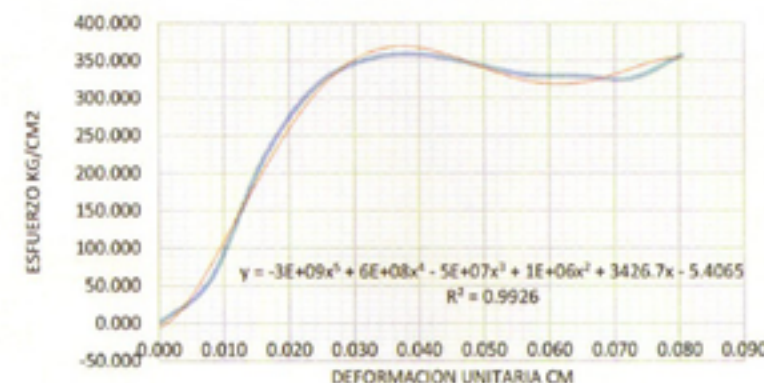


Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.





Esfuerzo vs Deformación unitaria



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

**Material:** Madera**Descripción:** Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Compresión paralela a la fibra**Muestra:** EUCALIPTO CP.P4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Deformación unitaria (ε)	Esfuerzo axial	Módulo de ruptura (MOR)	Carga máxima
No.	(cm)	(kgf)	e/Lo (cm/cm)	P/Ao (kg/cm²)	(Kg/cm²)	(kgf)
0	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	0.161	1447.3	0.008	59.476		
2	0.323	5366.0	0.016	220.511		
3	0.484	7712.2	0.024	316.926		
4	0.645	8569.6	0.032	352.160		
5	0.806	8709.9	0.040	357.926	358.08	8.714
6	0.968	8411.4	0.048	345.659		
7	1.129	8059.0	0.056	331.178		
8	1.290	8017.4	0.065	329.468		
9	1.452	7929.7	0.073	325.864		
10	1.613	8713.6	0.081	358.078		

## CONCLUSIONES COMPRESIÓN PARALELA

Especies: Eucalipto, Pino y Laurel de la costa.

AL concluir con las pruebas de laboratorio se obtienen los siguientes resultados:

Las probetas de laurel en general presentaron un deslizamiento de las fibras en sus extremos generando líneas laterales de manera estriada. Se observaron pequeñas rajaduras en las caras laterales en el extremo de la pieza en donde se aplicó la carga.

Por otro lado, las probetas de eucalipto presentó en general cierto encorvamiento en la longitud de las piezas. En algunas muestras hubo deslizamiento de las fibras en los extremos y otras en el centro produciéndose estrias en sus caras laterales. No se presentaron rajaduras importantes en estas muestras. En algunos casos hubo una irregularidad en la resistencia a la carga, es decir, en ciertos puntos la pieza cedía ante la carga, luego al comprimirse (reacomodarse) las fibras estas resistían mucho más.

En ciertos puntos la pieza cedía ante la carga, luego al comprimirse (reacomodarse) las fibras estas resistían mucho más.

En cambio, las probetas de pino se produjeron encorvamiento en el sentido longitudinal y estrias laterales por deslizamiento de las fibras. En la primera muestra se generó un fuerte deslizamiento de las fibras en el lugar en donde se aplicó la carga. Se produjeron rajaduras muy importantes en las 3 muestras e incluso hubo desprendimiento de sus partes en una de ellas.

El valor promedio obtenido de la prueba de laboratorio de los cuatro especímenes de cada especie expuestos a esfuerzos de compresión paralela a la fibra se obtiene que:

El eucalipto presenta un módulo de ruptura (MOR) promedio de 375.5 kg/cm², el Pino 239 kg/cm² y el laurel de la Costa 245kg/cm², valores que comparados con la norma vigente en nuestro medio, Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC sobrepasan los valores mínimos que se encuentran en el rango de 80 a 145kg/cm² para elementos estructurales.

Esto representa que las especies soportan mayor carga antes de sufrir una ruptura que lo especificado en la norma. Es decir las tres especies son aptas para trabajar como elemento estructural sometido a compresión paralela a las fibras.







## ENSAYO RESISTENCIA A FLEXION DE MADERA DE LAUREL

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas

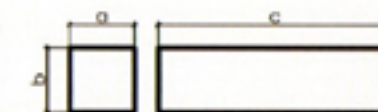
**Fecha:** Mayo-2016

**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.

**Realizado por:**  
- Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.

**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano

**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de flexión de especímenes de madera TINIUS OLSEN - Americana 100Tn/1000kgf



**Material:** Madera

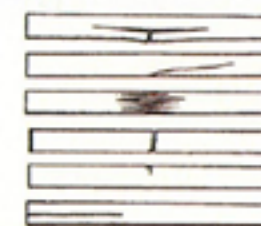
**Muestra:** 1,2,3,4

**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)

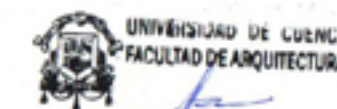
**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Determinación de la resistencia a la flexión

GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:



TIPO DE MADERA	CODIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area Inicial Ao (cm <sup>2</sup> )	PESO. VOLUMEN (kg/cm <sup>3</sup> )	Carga Maxima (kgf)	Modulo de ruptura MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de elasticidad MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
Laurel	FL1	919.81	5.100	4.922	75.8	25	483	819.00	696.02	87.435.13
	FL2	946.20	5.116	4.962	76.0	25	490	751.00	626.02	92.190.65
	FL3	746.91	5.082	4.9782	75.9	25	389	622.00	518.56	64.407.40
	FL4	718.78	4.954	5.034	75.8	25	380	452.00	378.05	60.364.72



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.



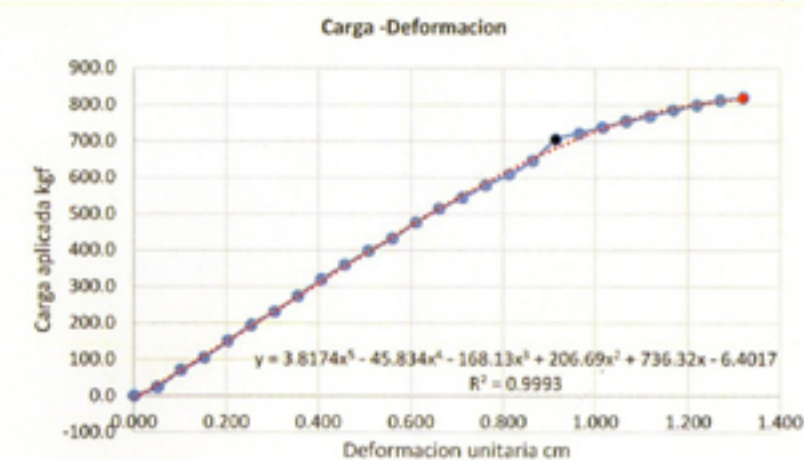
**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Resistencia a la Flexión Estática**Muestra:** LAUREL FL1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	0.0			
1	0.051	24.0			
2	0.102	71.0			
3	0.152	105.0			
4	0.203	150.0			
5	0.254	194.0			
6	0.305	231.0	819.00	696.017	87.435.131
7	0.356	275.0			
8	0.406	320.0			
9	0.457	360.0			

↓ Continua

**Muestra:** LAUREL FL1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
12	0.610	476.0			
13	0.660	513.0			
14	0.711	544.0			
15	0.762	578.0			
16	0.813	608.0			
17	0.864	646.0			
18	0.914	704.0	819	696.017	87.435.131
19	0.965	721.0			
20	1.016	738.0			
21	1.067	755.0			
22	1.118	768.0			
23	1.168	785.0			
24	1.219	799.0			
25	1.270	812.0			
26	1.321	819.0			





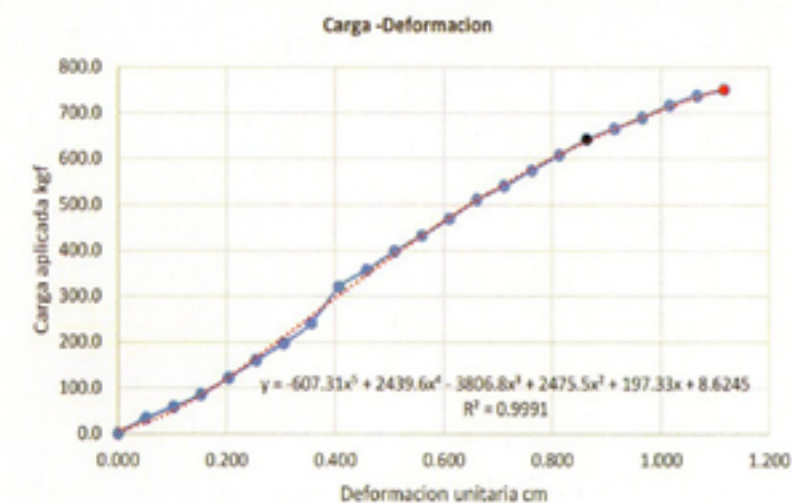
**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Resistencia a la Flexión Estática**Muestra:** LAUREL FL2

Puntos	Deformación (e )	Carga (F)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	0.0			
1	0.051	34.0			
2	0.102	58.0			
3	0.152	85.0			
4	0.203	122.0			
5	0.254	160.0			
6	0.305	197.0	751	626.016	92.190.646
7	0.356	241.0			
8	0.406	320.0			
9	0.457	357.0			
10	0.508	398.0			
11	0.559	432			

↓ Continúa

**Muestra:** LAUREL FL2

Puntos	Deformación (e )	Carga (F)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
12	0.610	469.0			
13	0.660	510.0			
14	0.711	540.0			
15	0.762	574.0			
16	0.813	608.0			
17	0.864	642.0	751	626.016	92.190.646
18	0.914	666.0			
19	0.965	690.0			
20	1.016	717.0			
21	1.067	738.0			
22	1.118	751.0			







Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

**Material:** Madera

**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)

**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Resistencia a la Flexión Estática

**Muestra:** LAUREL FL3

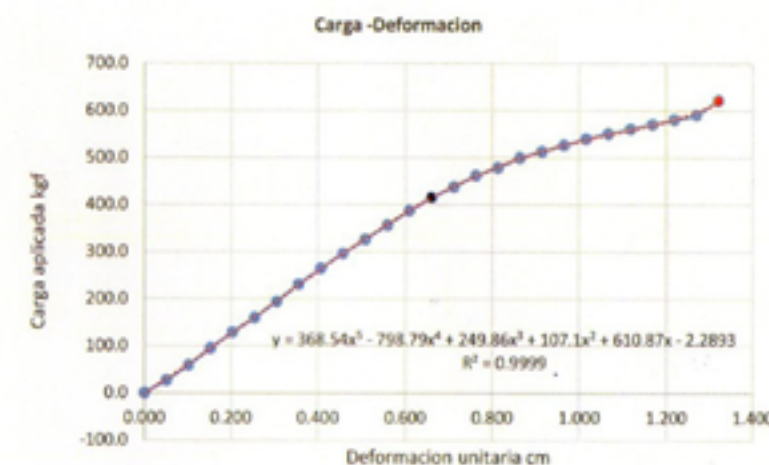
Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
0	0.000	0.0			
1	0.051	27.0			
2	0.102	58.0			
3	0.152	95.0			
4	0.203	129.0			
5	0.254	160.0			
6	0.305	194.0	622	518.562	64,407.400
7	0.356	231.0			
8	0.406	265.0			
9	0.457	296.0			
10	0.508	326.0			
11	0.559	357			

↓ Continúa

**Muestra:** LAUREL FL3

Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
12	0.610	387.0			
13	0.660	415.0			
14	0.711	438.0			
15	0.762	462.0			
16	0.813	479.0			
17	0.864	500.0			
18	0.914	513.0	622	518.562	64,407.400
19	0.965	527.0			
20	1.016	540.0			
21	1.067	551.0			
22	1.118	561.0			
23	1.168	571.0			

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.





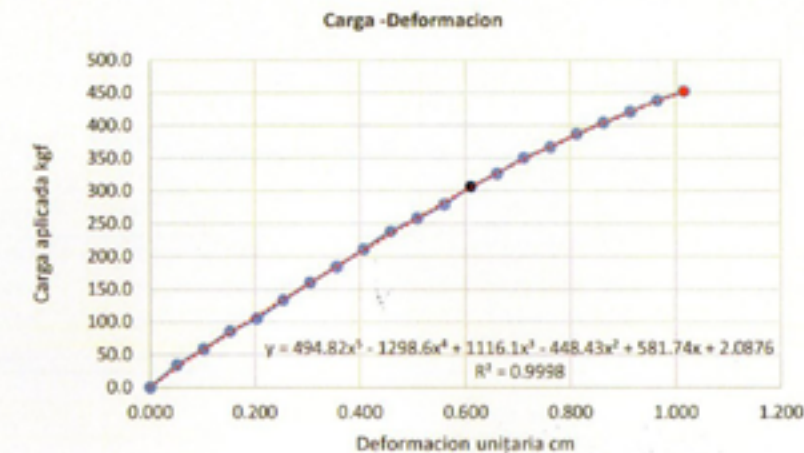
**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Resistencia a la Flexión Estática**Muestra:** LAUREL FL4

Puntos	Deformación (e)	Carga (F)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	0.0			
1	0.051	34.0			
2	0.102	58.0			
3	0.152	85.0			
4	0.203	105.0			
5	0.254	133.0			
6	0.305	160.0	452	378.047	60,364.724
7	0.356	184.0			
8	0.406	211.0			
9	0.457	238.0			
10	0.508	258.0			
11	0.559	279			

Continúa

**Muestra:** LAUREL FL4

Puntos	Deformación (e)	Carga (F)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
12	0.610	306.0			
13	0.660	326.0			
14	0.711	350.0			
15	0.762	367.0			
16	0.813	387.0	452	378.047	60,364.724
17	0.864	404.0			
18	0.914	421.0			
19	0.965	438.0			
20	1.016	452.0			





**ENSAYO RESISTENCIA A FLEXION DE MADERA DE PINO**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

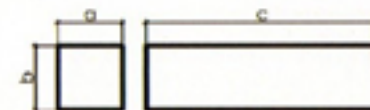
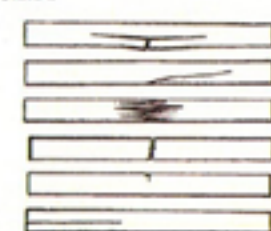
**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas**Fecha:** Mayo-2016**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.**Realizado por:**  
- Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de flexión de especímenes de madera  
TINIUS OLSEN - Americana  
100Tn/1000kgf**Material:** Madera**Muestra:** 1,2,3,4**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Determinación de la resistencia a la flexión

GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:



TIPO DE MADERA	CODIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area inicial Ao (cm2)	PESO. VOLUMEN (kg/cm3)	Carga Maxima kgf	Modulo de ruptura MOR (kg/cm2)	Modulo de elasticidad MOE (kg/cm2)
Pino	FP1	1032.31	4.811	5.000	76.0	24	565	676.00	590.15	65,429.52
	FP2	1016.90	4.996	5.014	76.0	25	534	486.00	406.29	76,627.09
	FP3	1064.21	4.972	4.941	75.9	25	571	279.00	241.34	41,326.09
	FP4	994.95	4.942	5.073	76.0	25	522	418.00	345.09	43,743.08



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Resistencia a la Flexión Estática**Muestra:** PINO FP1

Puntos	Deformación (e )	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
0	0.000	0			
1	0.051	65			
2	0.102	85			
3	0.152	112			
4	0.203	136			
5	0.254	163			
6	0.305	190			
7	0.356	214	676	590.148	65,429.522
8	0.406	241			
9	0.457	265			
10	0.508	292			
11	0.559	313			
12	0.610	340			
13	0.660	367			
14	0.711	387.0			

↓ Continúa

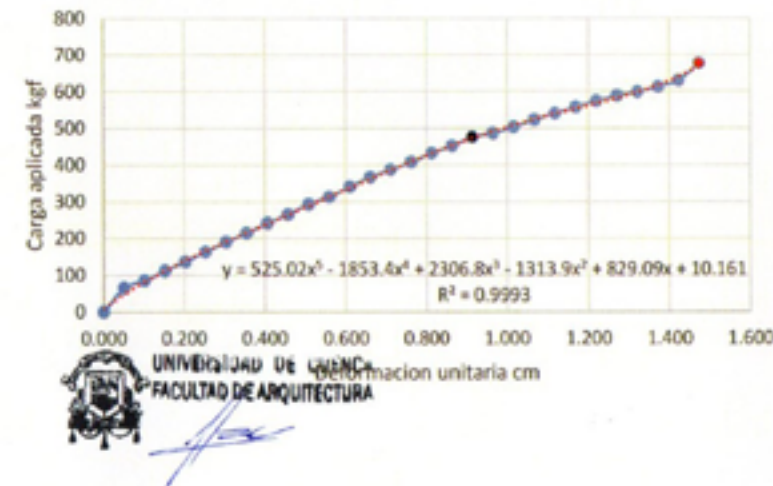
Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.







Carga -Deformacion



Muestra: PINO FP1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
15	0.762	408.0			
16	0.813	432.0			
17	0.864	452.0			
18	0.914	476.0			
19	0.965	486.0			
20	1.016	503.0			
21	1.067	523.0			
22	1.118	540.0	676	590.148	65,429.522
23	1.168	557.0			
24	1.219	574.0			
25	1.270	588.0			
26	1.321	598.0			
27	1.372	612.0			
28	1.422	629.0			
29	1.473	676.0			

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

Material: Madera

Descripción: Laurel de la Costa (Cordia alliodora)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Resistencia a la Flexión Estática

Muestra: PINO FP2

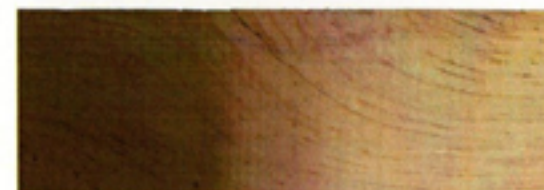
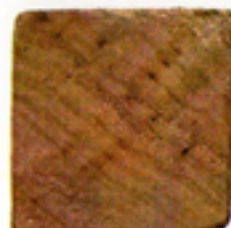
Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	0			
1	0.051	71			
2	0.102	95			
3	0.152	122			
4	0.203	150			
5	0.254	177			
6	0.305	201			
7	0.356	228	486	406.288	76,627.092
8	0.406	245			
9	0.457	265			
10	0.508	292			
11	0.559	313			
12	0.610	340			
13	0.660	367			
14	0.711	387.0			

↓ Continúa

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.



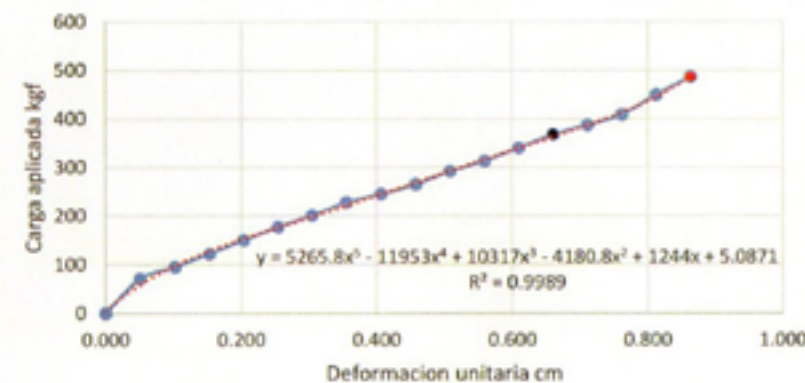




Muestra: PINO FP2

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
15	0.762	408.0			
16	0.813	449.0	486	406.288	76.627.092
17	0.864	486.0			

Carga -Deformacion



Material: Madera

Descripción: Laurel de la Costa (Cordia alliodora)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Resistencia a la Flexión Estática

Muestra: PINO FP3

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	0			
1	0.051	20			
2	0.102	37			
3	0.152	48			
4	0.203	65			
5	0.254	75			
6	0.305	95			
7	0.356	112	279	241.342	41.328.090
8	0.406	122			
9	0.457	136			
10	0.508	153			
11	0.559	180			
12	0.610	194			
13	0.660	211			
14	0.711	224.0			

↓ Continúa

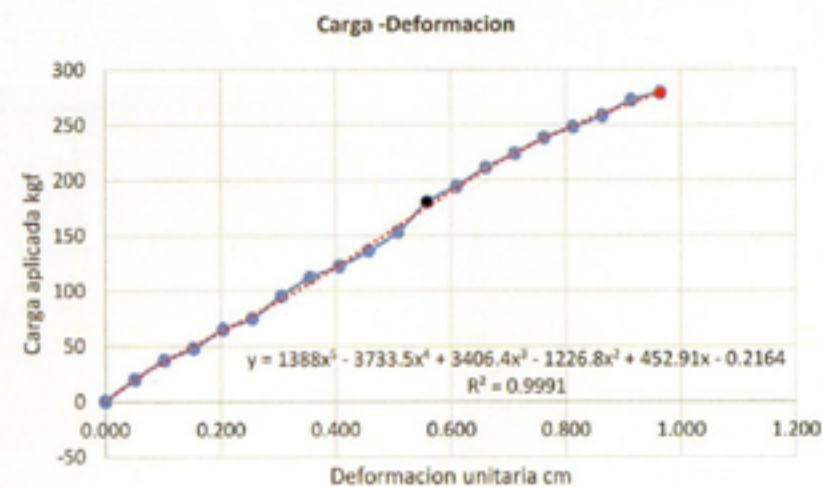




Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

Muestra: PINO FP3

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
15	0.762	238.0			
16	0.813	248.0			
17	0.864	258.0	279	241.342	41,328.090
18	0.914	272.0			
19	0.965	279.0			



Material: Madera

Descripción: Laurel de la Costa (Cordia alliodora)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Resistencia a la Flexión Estática

Muestra: PINO FP4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	0			
1	0.051	20			
2	0.102	37			
3	0.152	54			
4	0.203	71			
5	0.254	88			
6	0.305	112			
7	0.356	133	418	345.091	43,743.080
8	0.406	150			
9	0.457	167			
10	0.508	184			
11	0.559	207			
12	0.610	231			
13	0.660	248			
14	0.711	265.0			

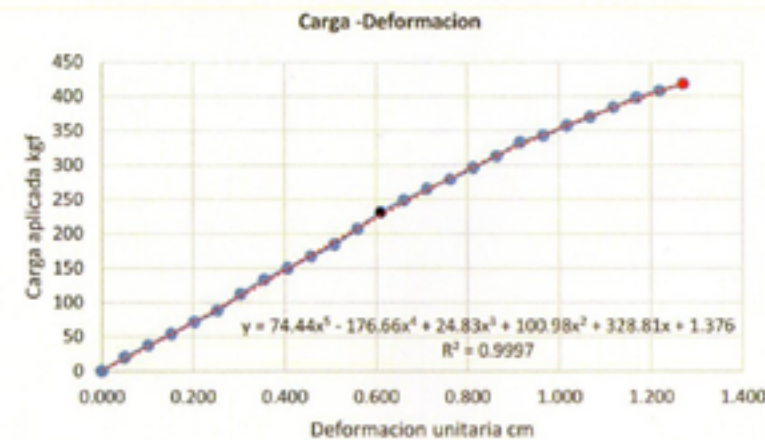
↓ Continúa



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.







Muestra: PINO FP4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
15	0.762	279.0			
16	0.813	296.0			
17	0.864	313.0			
18	0.914	333.0			
19	0.965	343.0			
20	1.016	357.0	418	345.091	43,743.080
21	1.067	370.0			
22	1.118	384.0			
23	1.168	398.0			
24	1.219	408.0			
25	1.270	418.0			



## ENSAYO RESISTENCIA A FLEXION DE MADERA DE EUCALIPTO

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

Laboratorio: Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas

Fecha: Mayo-2016

Proyecto de titulación: Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.

Realizado por: - Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.

Solicitado por: Arq. Msc. Alex Serrano

Instrumento tipo: Máquina para ensayos de flexion de especímenes de madera TINIUS OLSEN - Americana 100Tn/1000kgf



Material: Madera

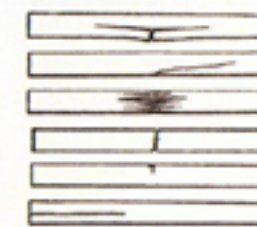
Muestra: 1,2,3,4

Descripción: Laurel de la Costa (Cordia alliodora)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Determinación de la resistencia a la flexión

## GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:



TIPO DE MADERA

CODIGO

PESO W

a

b

Lo "c"

Area inicial Ao

PESO. VOLUMEN

Carga Maxima

Modulo de ruptura MOR

Modulo de elasticidad MOE

(g)

(cm)

(cm)

(cm)

(cm<sup>2</sup>)(kg/cm<sup>3</sup>)

kgf

(kg/cm<sup>2</sup>)(kg/cm<sup>2</sup>)

Eucalipto

FE1

1423.38

4.956

4.934

76.0

24

766

1,186.00

1,032.15

152,863.46

FE2

1316.35

4.952

4.912

75.9

24

713

503.00

442.04

111,285.63

FE3

1560.62

4.986

4.972

76.0

25

828

1,281.00

1,091.25

121,667.87

FE4

1318.86

4.938

4.942

75.9

24

712

795.00

692.15

86,597.41

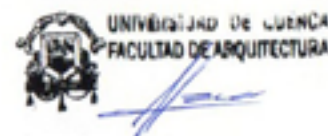




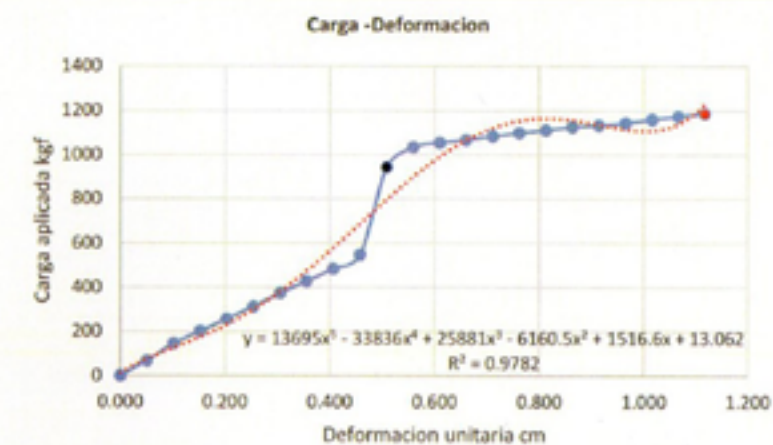
**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Resistencia a la Flexión Estática**Muestra:** EUCALIPTO FE1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	0			
1	0.051	48			
2	0.102	146			
3	0.152	201			
4	0.203	255			
5	0.254	313			
6	0.305	374	1,186	1,032.154	152,863.462
7	0.356	428			
8	0.406	483			
9	0.457	547			
10	0.508	942			
11	0.559	1,033			
12	0.610	1,054			

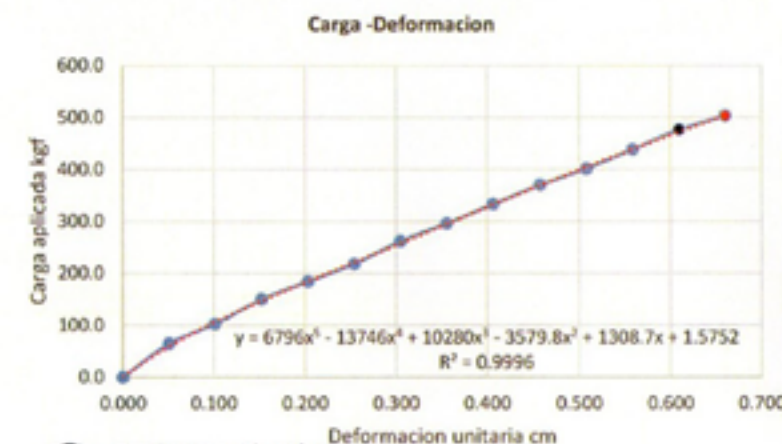
↓ Continúa

**Muestra:** EUCALIPTO FE1

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
13	0.660	1,067			
14	0.711	1,084.0			
15	0.762	1,098.0			
16	0.813	1,111.0			
17	0.864	1,125.0			
18	0.914	1,132.0	1,186	1,032.154	152,863.462
19	0.965	1,142.0			
20	1.016	1,159.0			
21	1.067	1,173.0			
22	1.118	1,186.0			





**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Resistencia a la Flexión Estática  
**Muestra:** EUCALIPTO FE2

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm²)	(kg/cm²)
0	0.000	0.0			
1	0.051	65.0			
2	0.102	102.0			
3	0.152	150.0			
4	0.203	184.0			
5	0.254	218.0			
6	0.305	262.0			
7	0.356	296.0	503	442.038	111,285.694
8	0.406	333.0			
9	0.457	370.0			
10	0.508	401.0			
11	0.559	438			
12	0.610	476.0			
13	0.660	503			

**Material:** Madera**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alliodora)**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.**Ensayo de:** Resistencia a la Flexión Estática  
**Muestra:** EUCALIPTO FE3

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm²)	(kg/cm²)
0	0.000	0.0			
1	0.051	88.0			
2	0.102	150.0			
3	0.152	211.0			
4	0.203	275.0			
5	0.254	337.0			
6	0.305	398.0	1,281	1,091.249	121,667.873
7	0.356	452.0			
8	0.406	517.0			
9	0.457	574.0			
10	0.508	632.0			
11	0.559	687			
12	0.610	741.0			

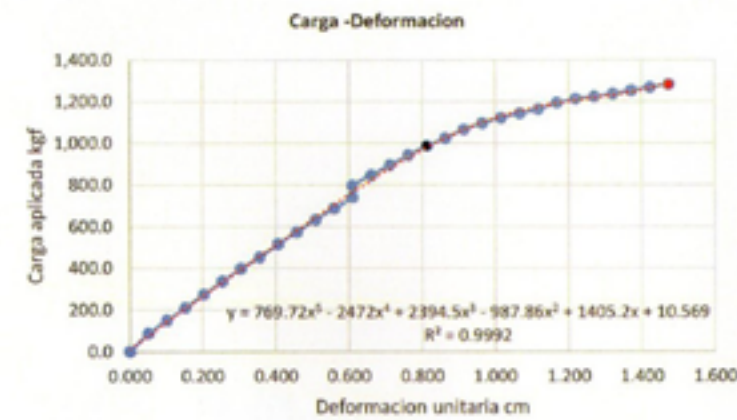
↓ Continúa



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.







Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

Muestra: EUCALIPTO FE3

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
13	0.610	795.0			
14	0.660	846.0			
15	0.711	894.0			
16	0.762	942.0			
17	0.813	986.0			
18	0.864	1,023.0			
19	0.914	1,064.0	1,281	1,091.249	121,667.873
20	0.965	1,094.0			
21	1.016	1,122.0			
22	1.067	1,142.0			
23	1.118	1,162.0			
24	1.168	1,193.0			
25	1.219	1,213.0			
26	1.270	1,224.0			
27	1.321	1,237.0			
28	1.372	1,252.0			
29	1.422	1,268.0			
30	1.473	1,281.0			

Material: Madera

Descripción: Laurel de la Costa (Cordia alliodora)

Estandar: ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

Ensayo de: Resistencia a la Flexión Estática  
Muestra: EUCALIPTO FE4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	0.0			
1	0.051	68.0			
2	0.102	99.0			
3	0.152	129.0			
4	0.203	163.0			
5	0.254	194.0			
6	0.305	231.0	795.000	692.149	86,597.407
7	0.356	262.0			
8	0.406	296.0			
9	0.457	333.0			
10	0.508	360.0			
11	0.559	391.0			
12	0.610	428.0			

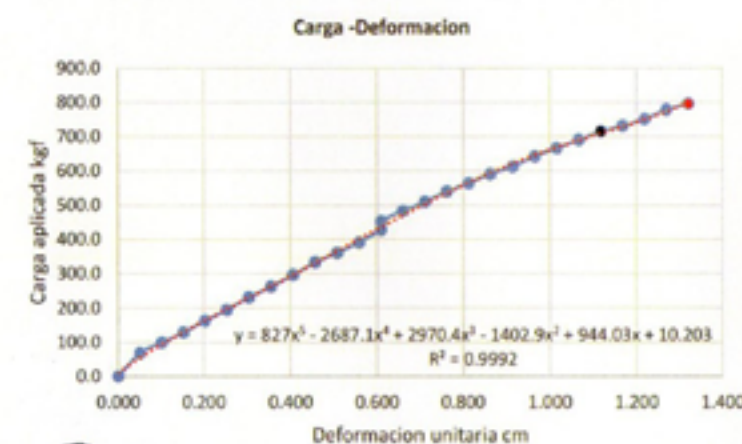
↓ Continúa



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.







Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

Muestra: EUCALIPTO FE4

Puntos	Deformación (e)	Carga (P)	Carga Máxima	Módulo de ruptura (MOR)	Módulo de elasticidad (MOE)
No.	(cm)	(kgf)	(kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
13	0.610	452.0			
14	0.660	483.0			
15	0.711	510.0			
16	0.762	540.0			
17	0.813	564.0			
18	0.864	591.0			
19	0.914	612.0			
20	0.965	642.0	751.000	692.149	81.804.595
21	1.016	666.0			
22	1.067	690.0			
23	1.118	714.0			
24	1.168	731.0			
25	1.219	751.0			
26	1.270	778.0			
27	1.321	795.0			

## CONCLUSIONES ESFUERZOS A FLEXIÓN

Especies: Eucalipto, Pino y Laurel de la costa.

### EUCALIPTO

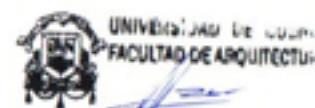
Esta especie presentó los mejores valores en cuanto a flexibilidad, es decir, mayor módulo de elasticidad y de ruptura. Las muestras no fueron regulares en la relación carga-deformación, esto es debido a los diferentes cortes en las piezas en donde existen diferentes capas de la madera como la albura y el duramen. En ninguno de los casos se presentó desprendimiento de las partes (separación entre ellas).

### LAUREL

Se observó una buena proporción entre el esfuerzo y deformación, los cortes o fallas se produjeron todos en la mitad de la pieza y la mayoría diagonalmente en las caras laterales. En ninguna de ellas hubo desprendimiento total de la pieza. Los valores promedio del módulo de elasticidad y de ruptura fueron bajos.

### PINO

Esta especie mostró mayor fragilidad en este ensayo con respecto a las otras. Las fallas produjeron cortes irregulares, en forma diagonal, sinuosa e incluso en uno de sus nudos en un extremo de la pieza. En el mayor de los casos sus fibras estaban en disposición irregular con respecto al eje longitudinal (no eran paralelas a este). En la mitad de las muestras se presentó desprendimiento de sus partes.







## ENSAYO DE RESISTENCIA A CORTE O CIZALLAMIENTO DE MADERA DE LAUREL

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas

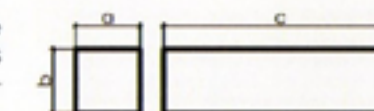
**Fecha:** Mayo-2016

**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.

**Realizado por:**  
- Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.

**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano

**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de cizallamiento de especímenes de madera TINIUS OLSEN - Americana 100Tn/1000kgf







**Material:** Madera

**Muestra:** 1,2,3,4

**Descripción:** Laurel de la Costa (Cordia alladora)

**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.

**Ensayo de:** Determinación de resistencia a corte o cizallamiento

GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:		TIPO DE MADERA	CODIGO	PESO W	a	b	Lo "c"	Area inicial Ao	Volumen	Carga de Ruptura	Esfuerzo máximo	Esfuerzo máximo (promedio)	TIPO DE DEFORMACION
		Laurel	CIZ.L1	71.28	4.992	5.142	6.342	25.669	162.792	897.000	34.945	33.362	A
		Laurel	CIZ.L2	65.35	5.036	2.100	6.292	10.576	66.542	387.000	36.594		B
		Laurel	CIZ.L3	68.73	5.148	5.000	6.362	25.740	163.758	860.000	33.411		C
		Laurel	CIZ.L4	59.72	5.000	5.200	6.364	26.000	165.464	741.000	28.500		A
		CIZ.L1		CIZ.L2		CIZ.L3		CIZ.L4					



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril. Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

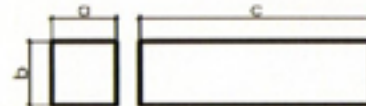




**ENSAYO DE RESISTENCIA A CORTE O CIZALLAMIENTO DE MADERA DE PINO**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas  
**Fecha:** Mayo-2016  
**Realizado por:** - Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.  
**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.  
**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano  
**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de cizallamiento de especímenes de madera TINIUS OLSEN - Americana 100Tn/1000kgf



**Material:** Madera  
**Muestra:** 1,2,3,4  
**Descripción:** Pino (Pinus Radiata)  
**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.  
**Ensayo de:** Determinación de resistencia a corte o cizallamiento

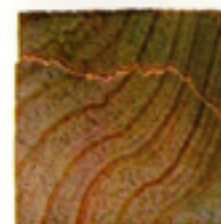
GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:	TIPO DE MADERA	CODIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area inicial Ao (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Carga de Ruptura (kgf)	Esfuerzo máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo (promedio) (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE DEFORMACION
	Pino	CIZ.P1	79.48	5	5.049	6.354	25.245	160.407	2.604.000	103.149		D
	Pino	CIZ.P2	76.37	5.12	5.042	6.384	25.817	164.816	1.091.000	42.259		A
	Pino	CIZ.P3	74.96	5	5.029	6.4	25.145	160.928	1.366.000	54.325	61.441	C
	Pino	CIZ.P4	78.56	5.000	4.888	6.276	24.440	153.385	1.125.000	46.031		C

CIZ.P1

CIZ.P2

CIZ.P3

CIZ.P4

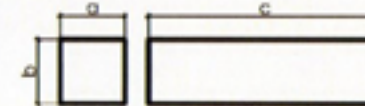


Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.

**ENSAYO DE RESISTENCIA A CORTE O CIZALLAMIENTO DE MADERA DE EUCALIPTO**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

**Laboratorio:** Laboratorio de aplicaciones constructivas y bioclimáticas  
**Fecha:** Mayo-2016  
**Realizado por:** - Ismael Carpio, Gabriela Ordóñez.  
**Proyecto de titulación:** Análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social.  
**Solicitado por:** Arq. Msc. Alex Serrano  
**Instrumento tipo:** Máquina para ensayos de cizallamiento de especímenes de madera TINIUS OLSEN - Americana 100Tn/1000kgf



**Material:** Madera  
**Muestra:** 1,2,3,4  
**Descripción:** Eucalipto (Eucalyptus Glubulus)  
**Estandar:** ASTM- D 143-94 Standard test methods for small clear specimens of timber.  
**Ensayo de:** Determinación de resistencia a corte o cizallamiento

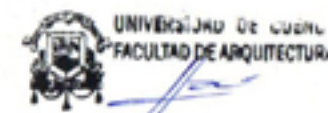
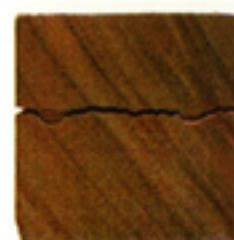
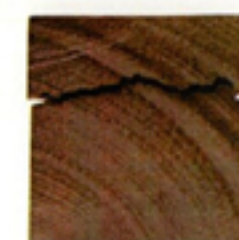
GRÁFICO DE DEFORMACIÓN SEGÚN NORMA:	TIPO DE MADERA	CODIGO	PESO W (g)	a (cm)	b (cm)	Lo "c" (cm)	Area inicial Ao (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Carga de Ruptura (kgf)	Esfuerzo máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo (promedio) (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE DEFORMACION
	Eucalipto	CIZ.E1	107.01	4.912	4.928	6.27	24.206	151.774	979.000	40.444		A
	Eucalipto	CIZ.E2	111.09	9.9	4.894	6.3	48.451	305.239	1.975.000	40.763		A
	Eucalipto	CIZ.E3	110.25	4.912	4.900	6.3	24.069	151.633	1.608.000	66.808	73.337	C
	Eucalipto	CIZ.E4	123.26	4.932	4.922	6.332	24.275	153.711	3.528.000	145.333		C

CIZ.E1

CIZ.E2

CIZ.E3

CIZ.E4



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Dirección: Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas.





## CONCLUSIONES ESFUERZOS A CIZALLAMIENTO

Especies: Eucalipto, Pino y Laurel de la costa.

Como resultado obtenido de las prácticas de laboratorio en cuanto a la resistencia de cada especie ante esfuerzos de cizallamiento observamos que:

La especie de laurel, al aplicarle esfuerzo, el comportamiento que presenta deslizamiento de la pieza en su sección de ruptura aplicada por un solo corte que en las cuatro probetas se dio en sentido de las fibras generando un desprendimiento de las mismas. No presenta una ruptura completa por la plasticidad de las fibras, pero resistió a poca carga aplicada por motivos de baja densidad del material siendo esta de 33.36Kg/cm<sup>2</sup> como resistencia promedio.

Por otro lado, la especie de pino, al aplicarle carga a las probetas estudiadas la ruptura del elemento fue en sentido de las fibras presentando variación en su tipo de deformación, esto se debe a factores de presencia de nudos que

esta especie posee lo que permite una ruptura inmediata obteniendo un esfuerzo promedio de 61.44kg/cm<sup>2</sup>. Además al estar sometidos a carga, por los poros de la madera se desprende resina natural. Por estos factores y por la densidad media que posee su resistencia no fue la mayor de las especies.

La especie de eucalipto al ser una madera dura con densidad alta, al aplicarle carga su resistencia fue mayor pero su ruptura fue drástica, es decir que por la compactación de las fibras aumenta la resistencia pero pierde elasticidad en las fibras por lo que se desprenden los pedazos en su totalidad. El eucalipto es la especie que posee mejor comportamiento a resistencia ante esfuerzos de corte o cizallamiento, obteniendo un esfuerzo promedio de las probetas ensayadas con un resultado de 73.33kg/cm<sup>2</sup>, lo que afirma que de acuerdo con el rango de valor aceptable según la norma vigente del Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC especifica un rango aceptable de 25 a 200Kg/cm<sup>2</sup> para maderas expuestas como elemento estructural, las tres especies se encuentran dentro de este rango, permitiendo el uso ante esfuerzos de corte.

ANEXO 06. Proceso de diseño Propuesta 01 / Maqueta: material de balsa, escala 1:5





Universidad de Cuenca  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Laboratorio de Construcciones y aplicaciones bioclimáticas  
Cuenca, Azuay

**Informe NoLCAB-FAU-2016-0006-L**

Cuenca, 06 de enero 2017

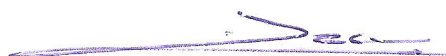
En referencia al tema de tesis "Panel Estructural de madera aserrada: análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social en la ciudad de Cuenca", cuya aprobación se realizó en el mes de diciembre del 2015.

## Informe

Que los estudiantes; Ismael Santiago Carpio Flores con **CI. 0105215990** y Ana Gabriela Ordoñez Alvarado con **CI. 0104987656**, han realizado los ensayos de compresión y flexión de muestras para la tesis "Panel Estructural de madera aserrada: análisis y experimentación de un panel estructural de madera aserrada para vivienda social en la ciudad de Cuenca".

Los días de ensayo corresponden al 16 de mayo, hasta el 17 del mes de junio del 2016, con un total de 36 diferentes muestras ensayadas con la máquina para ensayos de compresión y flexión, ACCU-TEK touch 350, mediante la norma ASTM D-143-94; y capacidad de 1,555 kN (350.000,00 lbf).

Para que conste donde sea oportuno firmo la presente el día 06 de enero de 2017, y se adjunta el resultado de los ensayos.



Edison Castillo C.

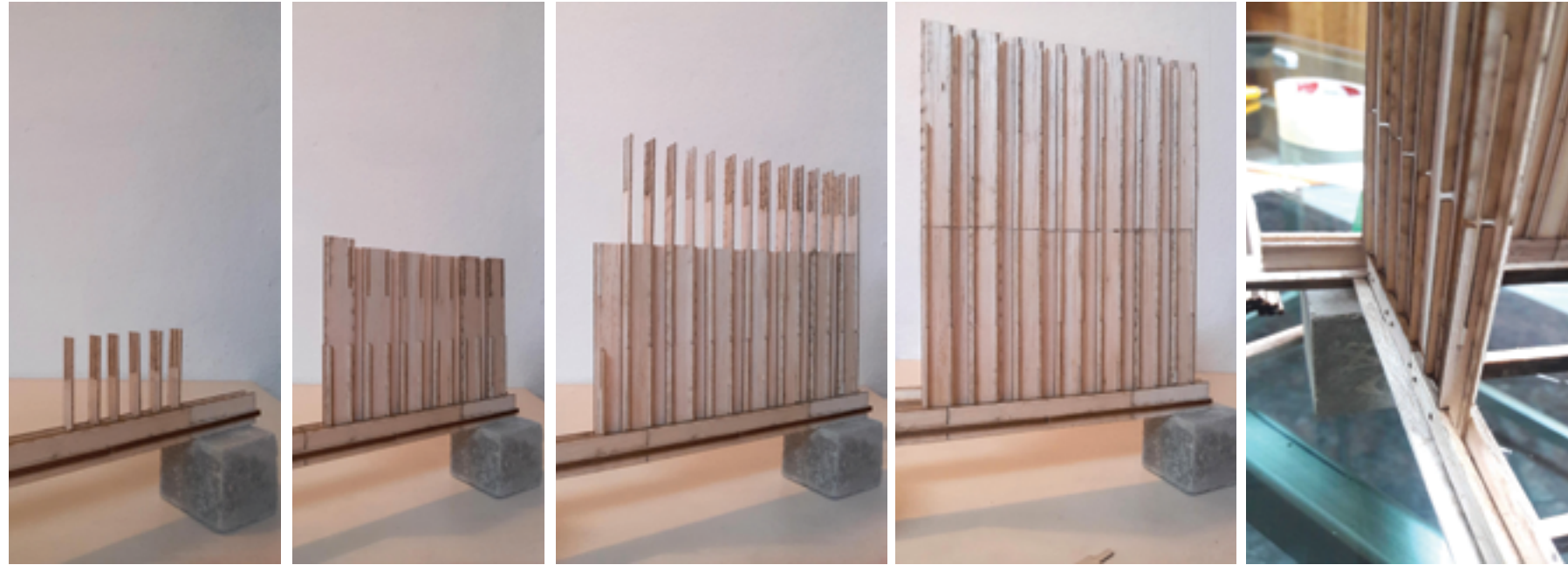
Registro.7526 R-15-25780

Docente Ocasional II;





**ANEXO 07. Proceso de diseño Propuesta 02 / Maqueta: material de balsa, escala 1:5**



**ANEXO 08. Proceso de diseño Propuesta 03 / Maqueta: material de balsa, escala 1:5**







**ANEXO 09. Seguimiento y comportamiento del panel expuesto a la intemperie Eucalipto y Pino**





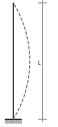

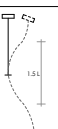

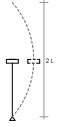
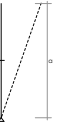


### Defectos y deformaciones expuestas durante el proceso experimental del panel expuesto a la intemperie Eucalipto y Pino






ANEXO 10. *Tabla 9.1 Longitud efectiva*  
*Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino PADT-REFORT/JUNAC*

CONDICIÓN DE APOYO	K	L ef	
1 Articulado en ambos extremos	1	L	
2 Empotrado en un extremo (prevencion del desplazamiento y rotacion) y el otro impedido de rotar pero libre de desplazarse	1.2	1.2 L	
3 Empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse	1.5	1.5 L	
4 Empotrado en un extremo y libre en el otro	2.0	2 L	
5 Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazarse.	2.0	2 L	
6 Articulado en un extremo y libre en el otro.			

ANEXO 11. Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica método de la Normativa española UNE EN 6946



CALCULO COEFICIENTE TRANSMISIÓN TERMICA  
Metodo UNE EN 6946

DEFINIR TIPO

☒ FACHADA

☐ CUBIERTA

☐ SUELO

☐ BUHARDILLA MUY PERMEABLE AL AIRE (Tejas sin tablero ni film de estanqueidad)

☐ BUHARDILLA RELATIVAMENTE ESTANCA AL AIRE (Con tablero o lamina de estanquidad)

☐ BUHARDILLA MUY ESTANCA AL AIRE (Con tablero y lamina de estanquidad)

CAPAS EXTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Termica	m²KW
1 EUCALIPTO Eucalyptus Globulus Labil	0.008		0.23	0.03
2			0	0.00
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00

CAMARA DE AIRE

Sin camara

R.Termica

0.00

☐ NO Ventilada

☒ LIGERAMENTE ventilada

☐ MUY Ventilada

CAPAS INTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Termica	m²KW
1			0	0.00
2			0	0.00
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00

RESULTADO

COEFICIENTE TRANSMISION TERMICA "U"

4.88

W/m²K

© Josep Sole

Los datos finales obtenidos por el usuario con la aplicación tienen efectos meramente orientativos, sin que sean vinculantes para URSA. Le recomendamos contacte con URSA para confirmar la validez de dichos resultados

PANEL ESTRUCTURAL DE MADERA DE EUCALIPTO



**PANEL ESTRUCTURAL DE MADERA DE EUCALIPTO  
CON POLIESTIRENO Y CIERRE INTERNO DE  
TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA (SIN  
CAMARA DE AIRE)**

*Los datos finales obtenidos por el usuario con la aplicación tienen efectos meramente orientativos, sin que sean vinculantes para URSA. Le recomendamos contacte con URSA para confirmar la validez de dichos resultados*

RESULTADO		
COEFICIENTE TRANSMISION TERMICA "U"	1,81	W/m <sup>2</sup> K


© Josep Solé

PANEL ESTRUCTURAL DE MADERA DE EUCALIPTO  
CON POLIESTIRENO Y CIERRE INTERNO DE  
TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA (CON  
CAMARA DE AIRE)

*Los datos finales obtenidos por el usuario con la aplicación tienen efectos meramente orientativos, sin que sean vinculantes para URSA. Le recomendamos contacte con URSA para confirmar la validez de dichos resultados*



ANEXO 14. Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica método de la Normativa española UNE EN 6946



CALCULO COEFICIENTE TRANSMISIÓN TÉRMICA  
Metodo UNE EN 6946

DEFINIR TIPO

☒ FACHADA

☐ CUBIERTA

☐ SUELO

☐ BUHARILLA MUY PERMEABLE AL AIRE (Tejas sin tablero ni film de estanqueidad)

☐ BUHARDILLA RELATIVAMENTE ESTANCA AL AIRE (Con tablero o lamina de estanquidad)

☐ BUHARDILLA MUY ESTANCA AL AIRE (Con tablero y lamina de estanquidad)

CAPAS EXTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Térmica	m²KW
1 EUCALIPTO Eucalyptus Globulus Labil	0,008	0,23	0,03	
2		0	0,00	
3		0	0,00	
4		0	0,00	
5		0	0,00	
6		0	0,00	
7		0	0,00	
8		0	0,00	0,03

CAMARA DE AIRE

Sin camara

R.Térmica

0,00

☐ NO Ventilada

☒ LIGERAMENTE ventilada

☐ MUY Ventilada

CAPAS INTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Térmica	m²KW
1 AISLANTES/URSA GLASSWOL (P2363P0062,...)	0,04	0,035	1,14	
2 MADERA/Aglomerados de 500 kg/m3	0,005	0,14	0,04	
3		0	0,00	
4		0	0,00	
5		0	0,00	
6		0	0,00	
7		0	0,00	
8		0	0,00	1,18

RESULTADO

COEFICIENTE TRANSMISION TERMICA "U"


0,72

W/m²K

© Josep Sole

Los datos finales obtenidos por el usuario con la aplicación tienen efectos meramente orientativos, sin que sean vinculantes para URSA. Le recomendamos contacte con URSA para confirmar la validez de dichos resultados

ANEXO 15. Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica método de la Normativa española UNE EN 6946



CALCULO COEFICIENTE TRANSMISIÓN TÉRMICA  
Metodo UNE EN 6946

DEFINIR TIPO

☒ FACHADA

☐ CUBIERTA

☐ SUELO

☐ BUHARILLA MUY PERMEABLE AL AIRE (Tejas sin tablero ni film de estanqueidad)

☐ BUHARDILLA RELATIVAMENTE ESTANCA AL AIRE (Con tablero o lamina de estanquidad)

☐ BUHARDILLA MUY ESTANCA AL AIRE (Con tablero y lamina de estanquidad)

CAPAS EXTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Térmica	m²KW
1 EUCALIPTO Eucalyptus Globulus Labil	0,008	0,23	0,03	
2		0	0,00	
3		0	0,00	
4		0	0,00	
5		0	0,00	
6		0	0,00	
7		0	0,00	
8		0	0,00	0,03

CAMARA DE AIRE

De 50 mm

R.Térmica

0,18

☐ NO Ventilada

☒ LIGERAMENTE ventilada

☐ MUY Ventilada

CAPAS INTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Térmica	m²KW
1 AISLANTES/URSA GLASSWOL (P2363P0062,...)	0,04	0,035	1,14	
2 MADERA/Aglomerados de 500 kg/m3	0,005	0,14	0,04	
3		0	0,00	
4		0	0,00	
5		0	0,00	
6		0	0,00	
7		0	0,00	
8		0	0,00	1,18

RESULTADO

COEFICIENTE TRANSMISION TERMICA "U"

0,68

W/m²K

© Josep Sole

Los datos finales obtenidos por el usuario con la aplicación tienen efectos meramente orientativos, sin que sean vinculantes para URSA. Le recomendamos contacte con URSA para confirmar la validez de dichos resultados

PANEL ESTRUCTURAL DE MADERA DE EUCALIPTO CON LANA DE VIDRIO Y CIERRE INTERNO DE TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA (CON CAMARA DE AIRE)



